UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL CONTROL DE PRESIÓN CONTINUA PARA UN SISTEMA DE COMPRESORES NEUMÁTICOS EN PARALELO MEDIANTE CONFIGURACIÓN DE PLC'S MAESTRO-ESCLAVO E IOT2040

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero en Electrónica

AUTORES: OLIVO MUÑOZ PAMELA MARIBEL

SANTAMARÍA LÓPEZ ALFREDO SANTIAGO

TUTOR: ING. GEOVANNY GARCÍA MSc.

Guayaquil – Ecuador

2024

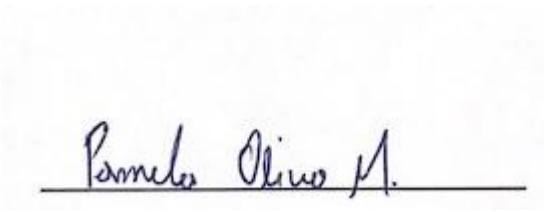
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

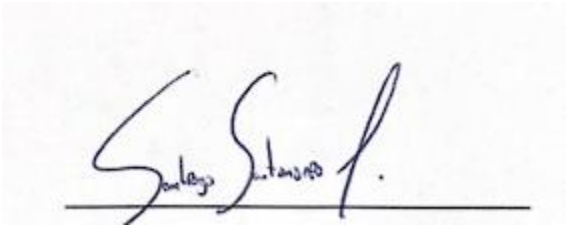
Nosotros, Pamela Maribel Olivo Muñoz con documento de identificación N° 0943491225 y Alfredo Santiago Santamaría López con documento de identificación N° 0955500830; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 26 de agosto de 2024

Atentamente,





Pamela Maribel Olivo Muñoz
0943491225

Alfredo Santiago Santamaría López
0955500830

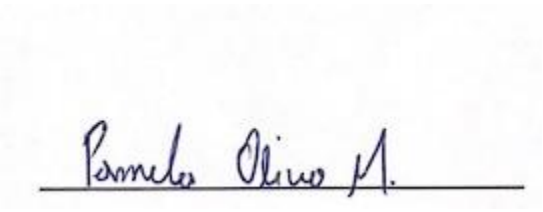
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

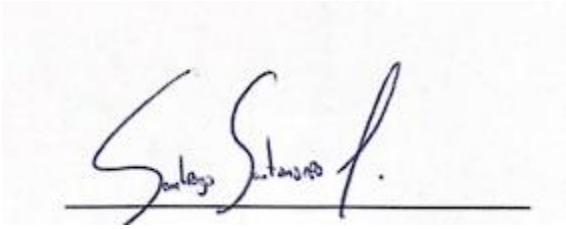
Nosotros, Pamela Maribel Olivo Muñoz con documento de identificación N° 0943491225 y Alfredo Santiago Santamaría López con documento de identificación N° 0955500830, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto técnico "Diseño y simulación del control de presión continua para un sistema de compresores neumáticos en paralelo mediante configuración de PLC'S maestro-esclavo e IOT2040.", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 26 de agosto de 2024

Atentamente.





Pamela Maribel Olivo Muñoz

0943491225

Alfredo Santiago Santamaría López

0955500830

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Geovanny García con documento de identificación N° 0922357702, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: Diseño y simulación del control de presión continua para un sistema de compresores neumáticos en paralelo mediante configuración de PLC'S maestro-esclavo e IOT2040, realizado por Pamela Maribel Olivo Muñoz con documento de identificación N° 0943491225 y Alfredo Santiago Santamaría López con documento de identificación N° 0955500830, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 26 de agosto de 2024

Atentamente,

Ing. Geovanny García. MSc.

0922357702

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto, brindándome salud y fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida y lograr mis objetivos. A mis queridos padres porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, por brindarme su amor y por ser un ejemplo de superación y esfuerzo. A Andy por su apoyo fundamental en este camino. Agradezco al asesor Ing Geovanny García por las orientaciones dadas en para la culminación de la tesis.

Pamela Olivo M.

Agradezco a mi madre por siempre estar apoyándome día tras día a salir a adelanta, a mi papá por darme consejos de vida por quererme hacer una mejor persona a mi hermano por ser un ejemplo a mi hermana por ser una inspiración a Romina por apoyarme en mis momentos difíciles de la carrera.

Santiago Santamaria L.

DEDICATORIA

Dedico este logro a mi familia, a Romina, personas que me dijeron que no lo lograría, Gracias a papá y mamá por todos los regaños, gracias a ustedes son el mismo de todos los años, por eso ahora de grande, Hago lo que me dé la gana.

Santiago Santamaria L.

Dedico este logro a Dios que me ha guiado en este camino académico, a mis padres y a mis hermanas por el apoyo fundamental y cariño que me han dado en este camino.

Pamela Olivo M.

RESUMEN

El control de presión continua en sistemas de compresores neumáticos es esencial para mantener el rendimiento en aplicaciones industriales. Este proyecto se centra en el diseño y simulación de un sistema de control de presión continua para compresores neumáticos en paralelo, utilizando una configuración de PLC's maestro-esclavo e integrando la plataforma IoT2040.

Un problema que aborda es la falta de simulaciones y prácticas educativas que incorporen estas tecnologías avanzadas, lo cual limita el aprendizaje práctico de los estudiantes de ingeniería y su capacidad para enfrentar desafíos reales en la industria.

Este proyecto de titulación tiene como objetivo diseñar un sistema de control de presión continua mediante la configuración de PLCs maestro-esclavo, desarrollar una interfaz de usuario (HMI) para el control del sistema e integrar la plataforma IoT2040 para el monitoreo en un tiempo real. Para llegar a lograr estos objetivos, se adoptará un enfoque experimental que incluye el diseño del sistema, la implementación de la configuración de PLCs, el desarrollo del HMI y la integración del IoT2040.

Palabras Clave: Presión continua, PLC, IoT, HMI, Simulación, Node red.

ABSTRACT

Continuous pressure control in pneumatic compressor systems is essential for maintaining performance in industrial applications. This project focuses on the design and simulation of a continuous pressure control system for parallel pneumatic compressors, using a master-slave PLC configuration and integrating the IoT2040 platform.

The problem addressed is the lack of simulations and educational practices incorporating these advanced technologies, which limits engineering students' practical learning and their ability to tackle real-world industry challenges. Historically, education in industrial automation has relied primarily on theory, with insufficient integration of experimental practices and modern technological tools.

The objective of the degree project is to design a continuous pressure control system through a master-slave PLC configuration, develop a user interface (HMI) for system control, and integrate the IoT2040 platform for real-time monitoring. To achieve these objectives, an experimental approach will be adopted, including system design, PLC configuration implementation, HMI development, and IoT2040 integration.

Keywords: Pressure control, PLC, IoT, HMI, Simulation, Node red.

ÍNDICE GENERAL

I INTRODUCCIÓN 1
II. PROBLEMÁTICA 3
2.1 Descripción del problema 3
2.2 Importancia y alcance 4
2.3 Delimitación 5
2.3.1 Delimitación temporal 5
2.3.2 Delimitación espacial 5
2.3.3 Delimitación académica 5
III. OBJETIVOS 6
3.1 Objetivo general 6
3.2 Objetivo específico 6
IV. FUNDAMENTO TEÓRICO 7
4.1 IOT 2040 7
4.2 Controlador Lógico Programable (PLC) 8
4.3 HMI 9
4.4 Comunicación Maestro-Esclavo 9
4.5 Compresores de aire 10
4.6 Componentes básicos de un sistema neumático. 11
4.7 Presostato 13
4.8 Transmisores de presión 13
4.9 Comunicación PROFINET 14
4.10 Node red 15
4.11 Sistema de presión de continua 15
4.11.1 Plantas de tratamiento de agua 15
4.11.2. Centrales térmicas 16
V. MARCO METODOLOGICO 17
5.1 Diseño de un sistema de control de presión continua mediante la configuración de PLC'S maestro-esclavo. 17
5.1.1 Creación de los PLC's maestro – esclavo 18
5.1.2 Configuración del bloque PUT/GET 20
5.1.3 Asignar direcciones IP 22
5.1.4 Comunicación entre Plc's 23
5.2 Creación del bloque LSIM 24
5.3 Configuración del bloque PID COMPACT 29
5.3.1 Configuración del PLC esclavo 32
5.3.2 Configuración en el PLC maestro 35

5.4 Desarrollar una interfaz de usuario para el control de presión continua mediante HMI . 44
5.4.1 Añadir el HMI 44
5.4.2 Configuración de los iconos HMI 46
5.4.3 Vista general de los compresores 48
5.4.4 Configuración Compresor 1 y 2 49
5.4.5 Control de proceso del HMI 50
5.4.6 Etapa de selección HMI 51
5.4.7 Configuración de plantillas del sistema general 52
5.4.8 Configuración de los compresores en HMI 53
5.4.9 Etapa Tanque Pulmón 54
5.4.10 Parametros y alarmas del HMI 55
5.4.11 Diagrama P&ID 56
5.5 Integrar la plataforma IoT2040 para proporcionar monitoreo del sistema. 57
5.5.1 Inscripción en el foro de Siemens y obtener los archivos necesarios. 57
5.5.2 Descarga de DiskImager e instalación de la imagen en una tarjeta. 58
5.5.3 Inicio de Simatic IOT2040 60
5.5.4 Descarga de Putty e inicio de sesión en Simatic IOT2040. 61
5.5.5 Configuración de node red 63
5.5.6 Integración con el flujo de Node-RED 67
5.5.7 Configuración del node de red 68
5.5.8 Configuracion de Edit Chart Node 70
5.5.9 Vinculación de los bloques 71
VI. RESULTADOS 75
6.1 Realización del proyecto TIA Portal para el sistema de compresores 75
6.1.1 Resultado de la configuración del maestro-esclavo 75
6.1.2 Funcionamiento del PID 77
6.1.3 Sistema de seguridad 77
6.2. Realización de la interfaz HMI 78
6.2.1 Resultado del programa de los compresores 78
6.2.2 Resultado de etapa de selección 78
6.2.3 Sistema de alarmas 79
6.2.4 Resultado del tanque pulmón 81
6.2.5 Resultado fluctuaciones del aire 81
6.3 Realización de la integración de la IOT2040 82
6.3.1 Envió de datos al IOT2040 82
6.3.2 Resultado del dashboard 83
6.3.3 Resultado del paro de emergencia 84

VII. CRONOGRAMA 88
VIII. PRESUPUESTO 89
IX. CONCLUSIONES 90
X. RECOMENDACIONES 91
XII BIBLIOGRAFÍA 92
XII. ANEXOS 97
12.1 Inscripción en el foro de Siemens y obtener los archivos necesarios. 114
12.2 Descarga de DiskImager e instalación de la imagen en una tarjeta. 116
12.3 Inicio de Simatic IOT2040 118
12.4 Descarga de Putty e inicio de sesión en Simatic IOT2040. 120
12.5 Creación de los PLC's maestro – esclavo 127
12.6 Configuración del bloque PUT/GET 128
12.7 Asignar direcciones IP 131
12.8 Comunicación entre Plc's 132
12.9 Creación del bloque LSIM 133
12.9.1 Configuración del bloque PID COMPACT 138
12.9.2 Configuración del PLC esclavo 140
12.9.3 Configuración en el PLC maestro 144
12.9.4 Integración con el flujo de Node-RED 158
12.9.5 Configuración del node de red 159
12.9.6 Configuracion de Edit Chart Node 161
12.9.7 Vinculación de los bloques 162
12.9 8 Añadir el HMI 171
12.10 Configuración de los iconos HMI 173
12.10.1 Configuración Botón "Run" 173
12.10.2 Configuración Botón "Stop" 173
12.10.3 Vista general de los compresores 175
12.10.4 Control de proceso del HMI 177
12.10.5 Etapa de selección HMI 178
12.10.6 Configuración de las Plantillas del sistema general 179
12.10.7 Configuración de los compresores en HMI 180
12.10.8 Etapa Tanque Pulmón 181
12.10.9 Parametros y alarmas del HMI 182
12.10.10 Diagrama P&ID 183

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 7
Figura 2. 8
Figura 3. 9
Figura 4. 10
Figura 5. 11
Figura 6. 12
Figura 7. 13
Figura 8. 14
Figura 9. 14
Figura 10. 15
Figura 11. 18
Figura 12. 19
Figura 13. 19
Figura 14. 20
Figura 15. 20
Figura 16. 21
Figura 17. 21
Figura 18. 22
Figura 19. 22
Figura 20. 23
Figura 21. 24
Figura 22. 25
Figura 23. 25
Figura 24. 26
Figura 25. 26
Figura 26. 27
Figura 27. 27
Figura 28. 28
Figura 29. 28
Figura 30. 29
Figura 31. 30
Figura 32. 30
Figura 33. 31
Figura 34. 32
Figura 35. 33
Figura 36. 34
Figura 37. 35
Figura 38. 35
Figura 39. 36
Figura 40. 37
Figura 41. 38
Figura 42. 39
Figura 43. 40

Figura 44. 41
Figura 45. 41
Figura 46. 42
Figura 47. 43
Figura 48. 44
Figura 49. 45
Figura 50. 46
Figura 51. 47
Figura 52. 48
Figura 53. 49
Figura 54. 50
Figura 55. 50
Figura 56. 51
Figura 57. 52
Figura 58. 53
Figura 59. 54
Figura 60. 55
Figura 61. 56
Figura 62. 57
Figura 63. 58
Figura 64. 58
Figura 65. 59
Figura 66. 59
Figura 67. 60
Figura 68. 60
Figura 69. 61
Figura 70. 61
Figura 71. 62
Figura 72. 62
Figura 73. 63
Figura 74. 64
Figura 75. 65
Figura 76. 65
Figura 77. 66
Figura 78. 66
Figura 79. 67
Figura 80. 68
Figura 81. 69
Figura 82. 70
Figura 83. 71
Figura 84. 72
Figura 85. 72
Figura 86. 73
Figura 87. 73
Figura 88. 74
Figura 89. 75

Figura 90. 76
Figura 91. 76
Figura 92. 77
Figura 93. 77
Figura 94. 78
Figura 95. 79
Figura 96. 79
Figura 97. 80
Figura 98. 80
Figura 99. 81
Figura 100. 82
Figura 101. 82
Figura 102. 83
Figura 103. 84
Figura 104. 85
Figura 105. 86
Figura 106. 115
Figura 107. 115
Figura 108. 116
Figura 109. 117
Figura 110. 118
Figura 111. 119
Figura 112. 119
Figura 113. 120
Figura 114. 120
Figura 115. 121
Figura 116. 121
Figura 117. 122
Figura 118. 123
Figura 119. 127
Figura 120. 128
Figura 121. 128
Figura 122. 129
Figura 123. 130
Figura 124. 130
Figura 125. 131
Figura 126. 131
Figura 127. 132
Figura 128. 132
Figura 129. 133
Figura 130. 134
Figura 131. 134
Figura 132. 135
Figura 133. 135
Figura 134. 136
Figura 135. 136

Figura 136. 137
Figura 137. 137
Figura 138. 138
Figura 139. 138
Figura 140. 139
Figura 141. 140
Figura 142. 141
Figura 143. 142
Figura 144. 143
Figura 145. 143
Figura 146. 144
Figura 147. 145
Figura 148. 146
Figura 149. 147
Figura 150. 148
Figura 151. 148
Figura 152. 149
Figura 153. 150
Figura 154. 151
Figura 155. 152
Figura 156. 152
Figura 157. 153
Figura 158. 156
Figura 159. 156
Figura 160. 157
Figura 161. 157
Figura 162. 158
Figura 163. 158
Figura 164. 159
Figura 165. 159
Figura 166. 160
Figura 167. 161
Figura 168. 162
Figura 169. 162
Figura 170. 163
Figura 171. 164
Figura 172. 164
Figura 173. 165
Figura 174. 166
Figura 175. 166
Figura 176. 168
Figura 177. 171
Figura 178. 172
Figura 179. 173
Figura 180. 174
Figura 181. 174

Figura 182. 176
Figura 183. 176
Figura 184. 177
Figura 185. 179
Figura 186. 180
Figura 187. 181
Figura 188. 182
Figura 189. 183
Figura 190. 184
Figura 191. 185
Figura 192. 186
Figura 193. 187
Figura 194. 187

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1......88
Tabla 2......89

I INTRODUCCIÓN

El diseño y la simulación del control de presión continua para sistemas de compresores neumáticos en paralelo mediante la configuración de PLCs maestro-esclavo e IoT2040 es un tema de creciente importancia dentro del ámbito de la automatización industrial. Estos sistemas permiten mantener una presión constante, optimizando el rendimiento energético de los procesos industriales. Una integración de tecnologías avanzadas en los PLCs y plataformas IoT mejora significativamente el control y monitoreo de estos sistemas, proporcionando datos en el tiempo real y facilidad en la toma de decisiones (Brown & Green, 2020).

En la actualidad, muchos laboratorios educativos carecen de simulaciones y prácticas que integren plataformas avanzadas como IoT2040. Este déficit impide que los estudiantes adquieran experiencia práctica y comprendan completamente la interacción entre los PLCs y los compresores neumáticos, limitando su capacidad para enfrentar desafíos reales en la industria (Martínez & Gómez, 2021).

Investigar y resolver este problema es crucial por varias razones. Primero, la falta de simulaciones prácticas y tecnologías avanzadas en los laboratorios educativos limita la capacidad de los estudiantes para desarrollar soluciones innovadoras y prácticas. Abordar este problema no solo mejorará la formación académica, sino que también beneficiará a la industria al proporcionar ingenieros mejor preparados para enfrentar los desafíos modernos (Ruiz & Hernández, 2019).

Este proyecto contribuirá significativamente al conocimiento existente al proporcionar un modelo detallado y práctica integración de sistemas de control de presión continúa utilizando PLCs maestro-esclavo e IoT2040 en el ámbito educativo. Además, ofrecerá nuevas

perspectivas sobre cómo estas tecnologías serán utilizadas para el mejoramiento y rendimiento de sistemas industriales, así como para facilitar el aprendizaje práctico en ingeniería (Fernández, 2020).

El trabajo de titulación se organiza en varios capítulos, cada uno abordando diferentes aspectos del estudio: capítulo 1: El Problema. Presenta el contexto, el problema de investigación, objetivos, justificación, la metodología y la estructura de la tesis, capítulo 2: Fundamentos teóricos. Examina trabajos previos y teorías relevantes al control de presión en sistemas de compresores neumáticos, el capítulo 3: Marco Metodológico. Describe los métodos y técnicas utilizados, donde se llevará acabo la investigación, el capítulo 4: Resultados. Describe el proceso de implementación del sistema y resultados de las simulaciones realizadas, el capítulo 5: Análisis de resultados. Análisis de los resultados obtenidos y discute su relevancia y aplicación práctica y el capítulo 7: Presupuesto. Describe los gastos sobre el proyecto, el capítulo 8: Cronograma. Describe le tiempo destinado al proyecto y el capítulo 9: Conclusiones y Recomendaciones. Resume los hallazgos de la investigación y propone futuras líneas de investigación.

II. PROBLEMÁTICA

2.1 Descripción del problema

El control de presión continua en sistemas de compresores neumáticos es una necesidad crítica en diversas aplicaciones industriales. Sin embargo, la falta de simulaciones prácticas y el uso de tecnologías avanzadas en entornos educativos impide que los estudiantes adquieran habilidades necesarias para enfrentar desafíos en un campo de la automatización industrial.

La relevancia de este problema radica en la creciente demanda de ingenieros capacitados que puedan diseñar y gestionar sistemas de control de presión. La ausencia de estas simulaciones y tecnologías en el ámbito educativo no solo limita el aprendizaje práctico de los estudiantes, sino que también afecta su preparación para el mercado laboral, donde el conocimiento de plataformas como IoT2040 es cada vez más esencial (Martínez & Gómez, 2021).

En una práctica de laboratorio, una mala configuración de las direcciones podría impedir la correcta transferencia de datos entre los dispositivos, afectando la operación del sistema y complicando la identificación y resolución de problemas sin dañar los equipos (Brown & Green, 2020).

La educación en ingeniería ha estado centrada en la teoría, con poca integración de tecnologías avanzadas en el currículo. La evolución de los sistemas de control y la creciente adopción de IoT en la industria subrayan la necesidad de actualizar los recursos educativos. Estudios previos han destacado la efectividad de las simulaciones prácticas en la mejora del aprendizaje y la preparación profesional (Ruiz & Hernández, 2019).

Si no se aborda este problema, los estudiantes de ingeniería continuarán graduándose con habilidades prácticas insuficientes, lo que afectará su desempeño profesional y la

capacidad de las industrias para innovar y el mercado laboral. Abordar este problema no solo mejorará la formación académica, sino que también beneficiará a la industria al proporcionar ingenieros mejor preparados (López, 2015).

2.2 Importancia y alcance

La importancia de abordar la falta de simulaciones de sistemas de presión continua en el ámbito educativo es multidisciplinaria y crítica en el desarrollo integral de estudiantes en la ingeniería. La educación en automatización industrial debe evolucionar para incluir herramientas y prácticas que reflejen las realidades del entorno industrial moderno.

La integración de simulaciones y prácticas con plataformas IoT2040 en la educación es crucial para preparar a los estudiantes para el mercado laboral, donde encontrarán sistemas de automatización avanzados. Estas tecnologías son fundamentales en diversas industrias modernas, como los PLCs y las plataformas IoT2040. Al proporcionar experiencia práctica durante su formación académica, los estudiantes adquieren conocimientos teóricos y habilidades operativas aplicables en entornos industriales reales. Esto fortalece su comprensión teórica y los capacita para contribuir desde el primer día en sus carreras profesionales futuras. (Ruiz & Hernández, 2019).

El entrenamiento práctico ayuda a reducir los errores operativos en entornos industriales. Los estudiantes que comprenden cómo configurar y mantener sistemas de control son menos propensos a cometer errores costosos y peligrosos en su trabajo (Fernández, 2020).

2.3 Delimitación

2.3.1 Delimitación temporal

El proyecto técnico se efectúa en un periodo académico a partir de la fecha de aprobación por los miembros de consejo de la carrera, el tiempo estimado para el diseño, simulación y pruebas de funcionamiento del proyecto es de 3 meses, desde mayo hasta julio del 2024.

2.3.2 Delimitación espacial

El proyecto técnico se realiza en las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana, en el laboratorio de Automatización II.

2.3.3 Delimitación académica

El proyecto aplica conocimientos adquiridos durante las materias y seminarios profesionales dictados en la duración de la carrera en las materias como Automatización Industrial I y II, Redes industriales y Scada.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Diseñar y simular un control de presión continua para un sistema de compresores neumáticos en paralelo mediante configuración de PLC'S maestro-esclavo e IOT2040.

3.2 Objetivo específico

- Diseñar un sistema de control de presión continua mediante la configuración de PLC'S maestro-esclavo.
- Desarrollar una interfaz de usuario para el control de presión continua mediante HMI
- Integrar la plataforma IoT2040 para proporcionar monitoreo del sistema.

IV. FUNDAMENTO TEÓRICO

El control de presión continua en sistemas de compresores neumáticos es crucial para asegurar el rendimiento óptimo en diversas aplicaciones industriales. La implementación de sistema de control mediante PLC maestro-esclavo y integración de plataformas IoT, como IoT2040, representan avances significativos en la automatización industrial. Este marco teórico explora los conceptos fundamentales y los desarrollos históricos, teóricos y prácticos relacionados con el control de presión continua, los sistemas de compresores neumáticos, los PLC y las plataformas IoT.

4.1 IOT 2040

El IOT 2040 que se puede apreciar en la Figura 1. Es una pasarela inteligente diseñada para facilitar la transmisión de datos. Funciona como un enrutador industrial de acceso remoto y una herramienta de recopilación de datos que permite el mantenimiento remoto desde cualquier ubicación de manera segura.

Este dispositivo, dentro del contexto del Internet de las Cosas Industrial (IIoT), sirve como un punto de conexión que recopila información de los dispositivos y la envía a la nube cumpliendo con estándares de seguridad industrial,(Gútiez, 2023).

Figura 1.

IOT 2040

Nota. Pasarela Inteligente Siemens (INASEL Ecuador, 2022).

4.2 Controlador Lógico Programable (PLC)

Es un dispositivo industrial que emplea la ingeniería para automatizar procesos, con el propósito de lograr que las máquinas operen todos sus componentes. Debido a estas ventajas, los Controladores Lógicos Programables (PLC) se han vuelto esenciales para el avance tecnológico de estas industrias y una sociedad en su conjunto, se puede observar en la Figura 2 un ejemplo (INDUSTRIASGLS, 2021).

Figura 2.

Controlador Lógico Programable

Nota. Plc Siemens S7-1200 (Autycom, 2019).

Las ventajas de la configuración maestro-esclavo en PLC son múltiples:

- Mejora la escalabilidad: Permite expandir fácilmente un sistema de control añadiendo más PLC esclavos a medida que crece la demanda.
- Simplifica la programación: La lógica de control principal se concentra en el PLC maestro, mientras que los PLC esclavos ejecutan tareas específicas.
- Aumenta la confiabilidad: Si un PLC esclavo falla, el sistema puede seguir funcionando con los PLC restantes.

- Reduce los costos: Al utilizar un solo PLC maestro, se minimizan los costos de hardware y programación.

La configuración maestro-esclavo en PLC se erige como herramienta valiosa para una gestión de sistemas complejos, ofreciendo escalabilidad, simplicidad y confiabilidad. Su capacidad para distribuir y sincronizar el control que convierte en una solución ideal para una amplia gama de aplicaciones que requieren un alto grado de precisión y coordinación.

4.3 HMI

Es un panel de control que logra conectar a la persona con la maquina es comúnmente, así como se observa en la Figura 3, es usado en las industrias para que optimizar procesos digitalizando y centrando datos, gracias a esto los operadores pueden ver mensajes importantes en gráficos, ver y gestionar alerta (euroinnova, 2024).

Figura 3.

Pantalla HMI

Nota. Diferentes modelos de pantalla Siemens (Ticona, 2023).

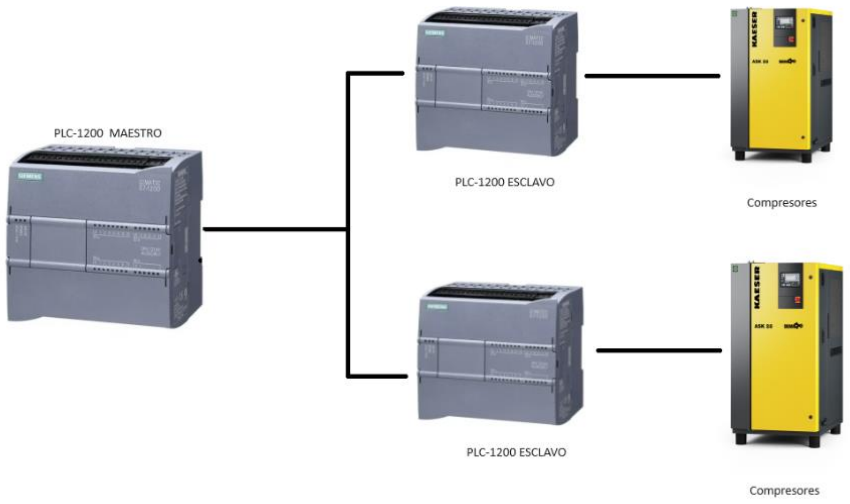
4.4 Comunicación Maestro-Esclavo

En la Figura 4 se observa el principio de maestro/esclavo es una noción crucial en informática para gestionar y asignar recursos, especialmente cuando múltiples dispositivos, procesos o aplicaciones dependen de los mismos recursos.

Esto se vuelve especialmente relevante en situaciones como la transmisión de datos que va través de un bus de datos. Bajo este principio, se regulan las solicitudes de manera que la comunicación ocurra sin interferencias ni alteraciones de las señales por parte de otros elementos, garantizando así la correcta ejecución de todos los procesos involucrados (bidigital, 2019).

Figura 4.

Comunicación Maestro/Esclavo



Nota. Comunicación entre Plcs 1200.

4.5 Compresores de aire

Es una herramienta mecánica empleada para elevar la presión del aire en un espacio confinado. Su funcionamiento implica succionar aire del entorno y compactarlo, lo que disminuye su volumen y, por ende, incrementa su presión.

Este dispositivo es ampliamente utilizado en diversas industrias, ya que suministra aire comprimido a componentes de maquinaria, como se observa en la Figura 5 (Encarnación García, 2023).

Figura 5.

Compresores Kaiser

Nota. Cuarto de Compresores neumático (Luna, 2017).

4.6 Componentes básicos de un sistema neumático.

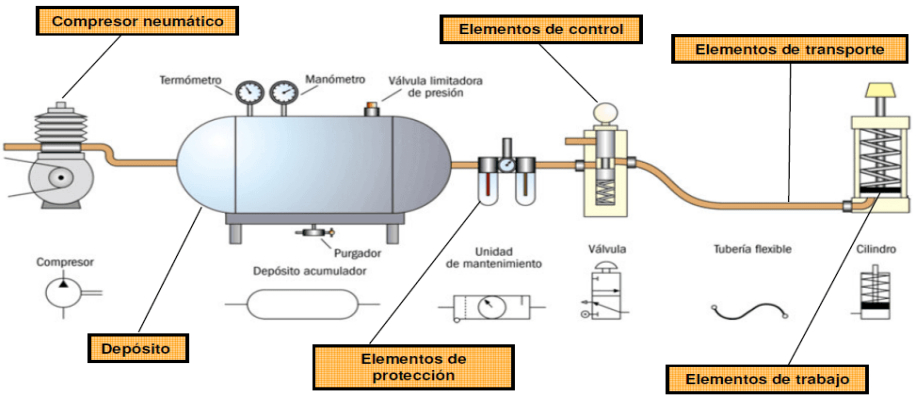
- **Un compresor de aire** se encarga de comprimir aire del entorno y almacenado en un tanque para su posterior uso. De pistón, de tornillo o centrífugos, donde su elección depende de la aplicación y la potencia requerida.
- **El tanque de aire** almacena el aire comprimido proporcionado por un compresor, garantizando suministro constante a presión adecuada para el sistema.
- **El filtro de aire** protege los componentes del sistema de impurezas como partículas, humedad y aceite. Antes de ingresar al sistema, el aire comprimido pasa por este filtro que garantiza el funcionamiento limpio.
- **El regulador a presión** ajusta la presión del aire a los requerimientos específicos de las herramientas o equipos neumáticos. Permite una operación precisa y segura.

- **Las válvulas de control** regulan el paso del aire dentro del sistema. Manuales, automáticas o solenoides, abren, cierran o modulan el flujo de aire en diferentes secciones del sistema.
- **Los actuadores neumáticos** convierten la energía del aire comprimido en movimiento mecánico. Cilindros neumáticos y motores de aire son ejemplos, utilizados para tareas como movimiento lineal, rotación o agarre en aplicaciones industriales, figura 6.
- **Mangueras y conexiones** transportan el aire comprimido desde el compresor hasta los componentes individuales del sistema. Fabricadas en materiales resistentes a altas presiones, se adaptan a diversas aplicaciones en diferentes tamaños.

- **Manómetros y medidores de presión** proporcionan información en tiempo real sobre la presión del aire dentro del sistema, permitiendo un monitoreo y ajuste precisos del rendimiento.

Figura 6.

Componentes de un Circuito Neumático



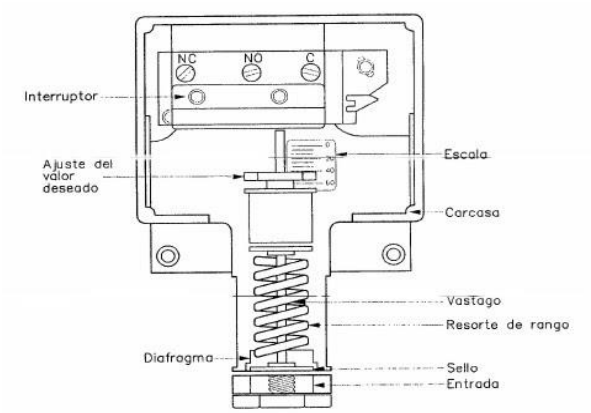
Nota. Esquema de un circuito neumático (automatizamos, 2024)

4.7 Presostato

Es un equipo que facilita la apertura o cierre del circuito eléctrico, cuya operación está ligada a la presión, ya que el fluido interno ejerce una fuerza sobre el pistón, desplazando así los contactos eléctricos. Su ajuste se realiza según las necesidades específicas, ya que cuenta con un tornillo de regulación de presión, donde se observa en la Figura 7 (Cloudtec Perú, 2020).

Figura 7.

Presostato



Nota. Esquemático de un presostato (BARBARAN PILLACA, 2019)

4.8 Transmisores de presión

Presión diferencial son elementos esenciales que convierten la presión en una magnitud física mensurable. Son cruciales en sistemas de aire comprimido, donde se instalan en compresores, secadores, conductos de aire, depósitos de almacenamiento y sistemas de control como PLC, como se observa en la Figura 8 (susanautomations, 2024)

Figura 8.

Transmisor de presión

Nota. Se visualiza la presión que pasa por la tubería (susanautomations, 2024)

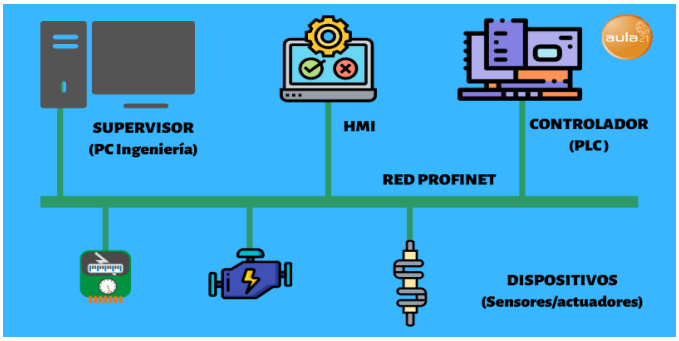
4.9 Comunicación PROFINET

Process FIeld NETwork más conocido como PROFINET es uno de los protocolos de comunicación que está vigente en las industrias, no obstante, su funcionalidad es conectar sensores, motores y otros dispositivos electrónicos.

Este sistema está basado en Ethernet por su grande rendimiento debido que proporciona una alta velocidad de comunicación y además tiene compatibilidad con varios protocolos como el TCP-UDP/IP, SNMP entre otros, donde se observa en la Figura 9 (Santos, 2022)

Figura 9.

Comunicación Profinet



Nota. Protocolo de comunicación PROFINET (aula21, 2023)

4.10 Node red

Una plataforma de código abierto que opera mediante una estructura nodal, donde cada nodo recopila datos y los transmite al siguiente. Su objetivo es establecer una red de intercambio de información que facilite el flujo continuo de datos entre los nodos. Permite la configuración de flujos de datos complejos a través de la conexión de nodos y la especificación de la lógica de procesamiento en un entorno gráfico, como se observa en la Figura 10 (Node-RED, 2023).

Figura 10.

Node red

Nota. Aplicación Node Red (Node-RED. (s. f.), n.d.).

4.11 Sistema de presión de continua

4.11.1 Plantas de tratamiento de agua

En una planta de tratamiento de agua, el mantenimiento de una presión constante en el sistema de bombeo es fundamental para garantizar la continuidad del proceso. Las bombas impulsan el agua a través de las diferentes etapas de tratamiento, desde la captación hasta la distribución final.

Al mantener una presión estable, se asegura que el agua fluya a la velocidad adecuada para permitir una correcta filtración, desinfección y otros procesos de purificación. Además,

se evita la formación de cavidades en las bombas, lo que podría provocar daños en estas y afectar la operación de toda la planta (telwesa, 2020).

4.11.2. Centrales térmicas

En las centrales térmicas, la generación de energía eléctrica depende en gran medida de la presión del agua que alimenta las calderas. Esta agua, al ser sometida a altas temperaturas, se transforma en vapor que acciona las turbinas y produce electricidad. Por ello, es esencial mantener una presión constante en el sistema de alimentación de la caldera.

Una presión adecuada garantiza una generación de vapor estable, evitando fluctuaciones en la producción de energía que podrían afectar la estabilidad de la red eléctrica. Además, una presión excesivamente baja puede provocar la formación de cavidades en las bombas, mientras que una presión demasiado alta podría dañar los componentes de la caldera (energia argentina, 2023).

V. MARCO METODOLOGICO

La metodología sistemática es un enfoque estructurado y ordenado para investigar y resolver problemas, que se basa en la aplicación de principios científicos y técnicas de análisis rigurosas. Involucra la recolección meticulosa de datos, la formulación de hipótesis, la experimentación controlada y la evaluación crítica de los resultados. Su objetivo es garantizar la reproducibilidad y la precisión en la obtención de conocimiento (elsevier, 2018).

5.1 Diseño de un sistema de control de presión continua mediante la configuración de PLC'S maestro-esclavo.

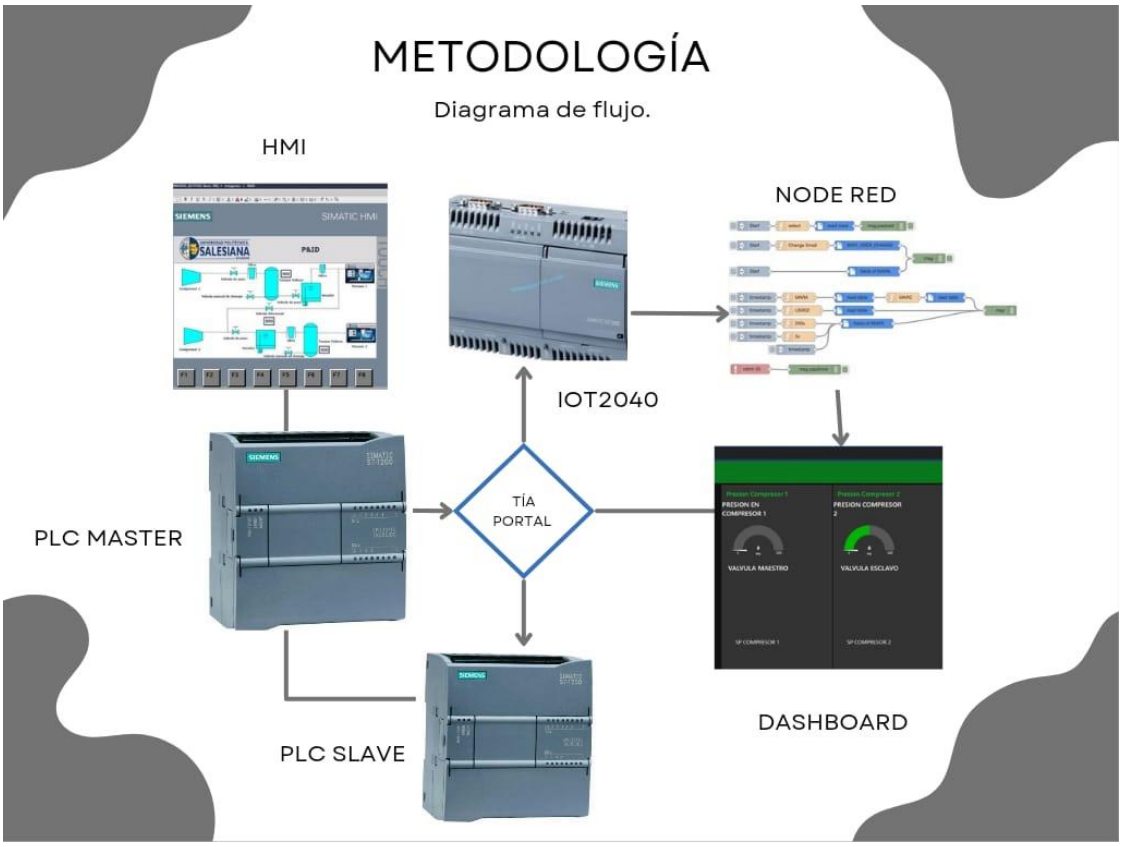
Es esencial primero comprender los objetivos que se quieren alcanzar. Esto implica identificar las variables que deben controlarse y establecer el nivel de precisión necesario para el sistema, lo que a su vez determinará la calidad de los instrumentos de medición que se usarán.

Una vez definidos los parámetros deseados, se puede seleccionar el actuador adecuado, el cual dependerá del tipo de proceso que se esté controlando.

La elección del controlador también es crucial y estará influenciada tanto por la respuesta deseada del sistema como por las características de los instrumentos y el actuador seleccionados, que se muestra en la figura 11.

Figura 11.

Diagrama de flujos



Nota. Esquemático del proyecto de tesis a realizar

5.1.1 Creación de los PLC's maestro – esclavo

Para iniciar, se procede a crear un proyecto en el software. Primero, se hace clic en el icono de acceso a la aplicación en el escritorio de Windows. Luego, se selecciona la opción "Create new Project", a continuación, se asigna un nombre al proyecto en el campo llamado "PRUEBA 2" como se muestra en la figura 12.

Figura 12.

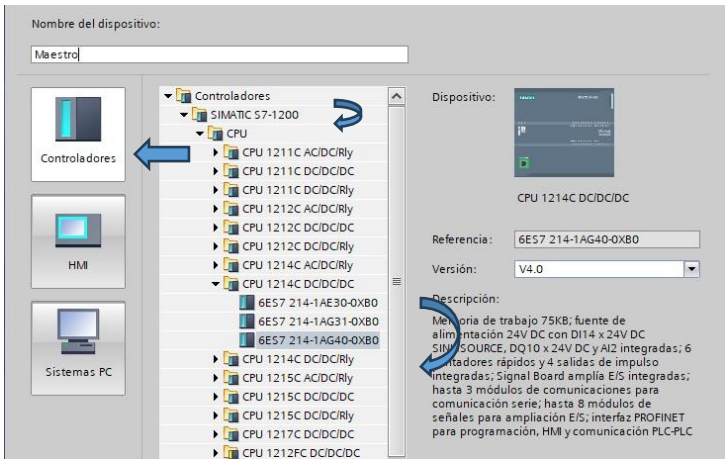
Creación del proyecto

Nota. Se visualiza la ventana de trabajo del programa TIA PORTAL V18 para poder crear el nuevo proyecto.

Una vez creado el proyecto, se añaden los PLCs. en este caso, se declara el nombre del dispositivo en este caso es “Maestro” luego selecciona “controladores” se abre la carpeta “simatic S7 1200” luego en “CPU” y se utiliza el S7-1200 CPU 1214DC/DC/DC (referencia 6ES7214-1AG40-0XB0) versión 4.0 como se muestra en la figura 13. Luego de haber creado un Plc se procede a realizar los mismos pasos para crear el Plc esclavo.

Figura 13.

PLCs S7-1200



Nota. Se muestra la configuración del Plc en la cual se va a trabajar.

5.1.2 Configuración del bloque PUT/GET

Para alcanzar los bloques de comunicación, se dirige a la sección de INSTRUCCIONES, luego selecciona COMUNICACIONES, seguido de COMUNICACIONES S7. Finalmente, se eligen los bloques GET/PUT para configurar la comunicación al sistema que se muestra en la figura 14.

Figura 14.

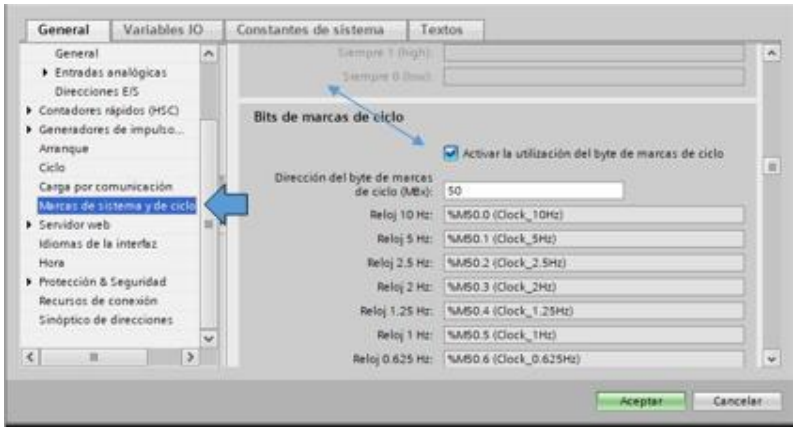
Bloque de comunicaciones

Nota. Se agrega los bloques de comunicación.

Se habilita la opción PUT/GET para cada uno de los PLC'S, se dirige a "Marcas del sistema" luego se va a la sección de "Bits marca de ciclos" y se llena los campos con la dirección de marca de ciclo se ha colocado "50" para que exista comunicación entre ambos, figura 15.

Figura 15.

Diagrama de Flujos



Nota. Se muestra la ventana de uno de los PLC'S, de sus marcas de ciclo.

Después de hacer la configuración, se procederá a crear las variables en el PLC, con la marca “MB” para el tipo de datos Byte y “M” para el bool, esto es necesario para definir y gestionar los datos que se utilizarán en el sistema, figura 16.

Figura 16.

Tabla de variables

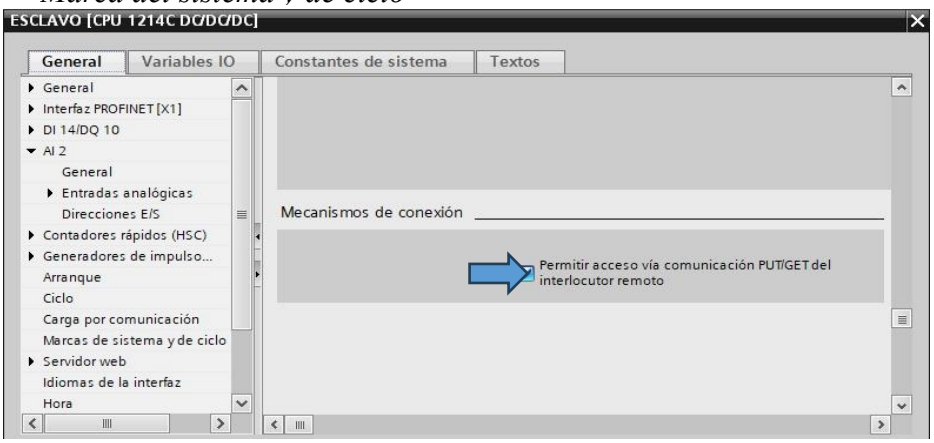
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Com
1	Clock_Byte	Tabla de variabl...	Byte	%MB100		✓	✓	✓	
2	Clock_10Hz	Tabla de variables e..	Bool	%M100.0		✓	✓	✓	
3	Clock_5Hz	Tabla de variables e..	Bool	%M100.1		✓	✓	✓	
4	Clock_2.5Hz	Tabla de variables e..	Bool	%M100.2		✓	✓	✓	
5	Clock_2Hz	Tabla de variables e..	Bool	%M100.3		✓	✓	✓	
6	Clock_1.25Hz	Tabla de variables e..	Bool	%M100.4		✓	✓	✓	
7	Clock_1Hz	Tabla de variables e..	Bool	%M100.5		✓	✓	✓	
8	Clock_0.625Hz	Tabla de variables e..	Bool	%M100.6		✓	✓	✓	
9	Clock_0.5Hz	Tabla de variables e..	Bool	%M100.7		✓	✓	✓	
10	<Agregar>					✓	✓	✓	

Nota. Se muestra las tablas de variables para la asignación de la programación.

En el PLC maestro, se dirige a la pestaña “general” y luego se activa la marca de ciclo y se asigna un número mayor a 50 para evitar conflictos con nuestra programación existente, figura 17.

Figura 17.

Marca del sistema y de ciclo

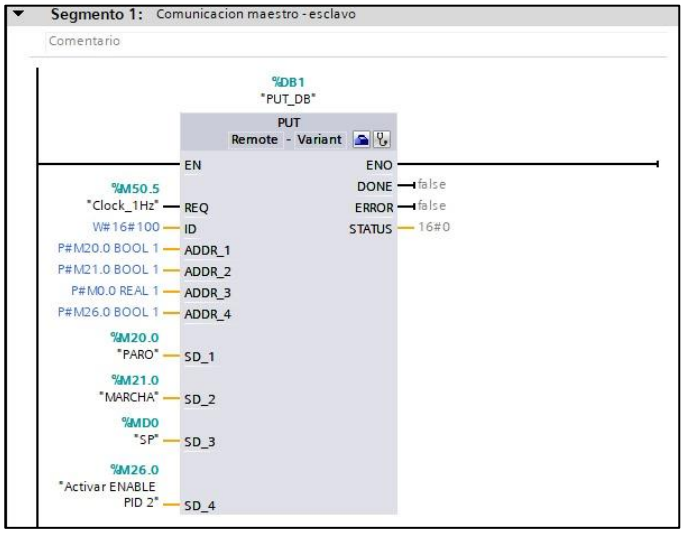


Nota. Permite la comunicación del PUT y GET.

Se crea el bloque PUT_ y se llena los campos necesarios, en la sección “REQ” se le asigna el “%M50.5”, en “ID” el valor de “w#16#100” para el “ADDR_1” al “ADDR_4”se asigna el campo de memoria del CPU y luego el “SD” donde se indcia el área de donde se va a enviar los datos, que es el “MARCHA”, “PARO”, “SP” y el “PID 2”, figura 18.

Figura 18.

Bloque PUT



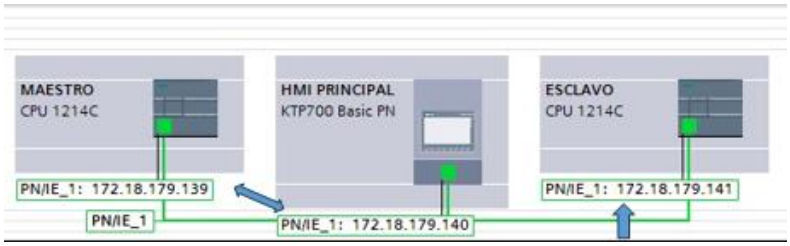
Nota. Se acepta los nombres del bloque PUT y se configura algunos parámetros.

5.1.3 Asignar direcciones IP

A continuación, se configuran las direcciones IP asignando los primeros tres octetos para establecer la red local, figura 19.

Figura 19.

Direcciones IP



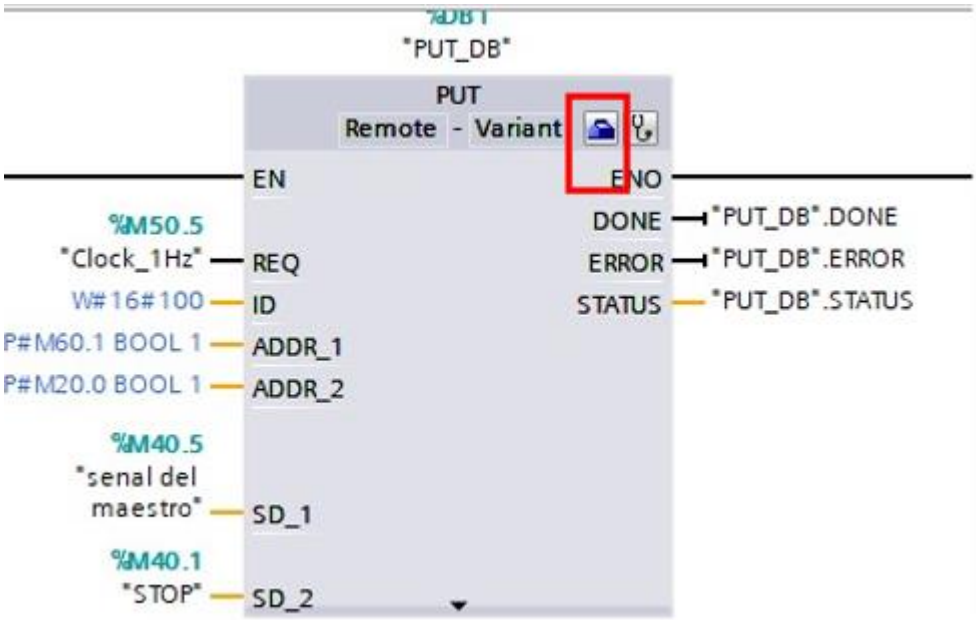
Nota. Se modifica las direcciones IP.

5.1.4 Comunicación entre Plc's

Para ello, se dirigió al bloque PUT, haciendo clic izquierdo en el icono del maletín. Al realizar, figura 20.

Figura 20.

Configuración del Bloque PUT

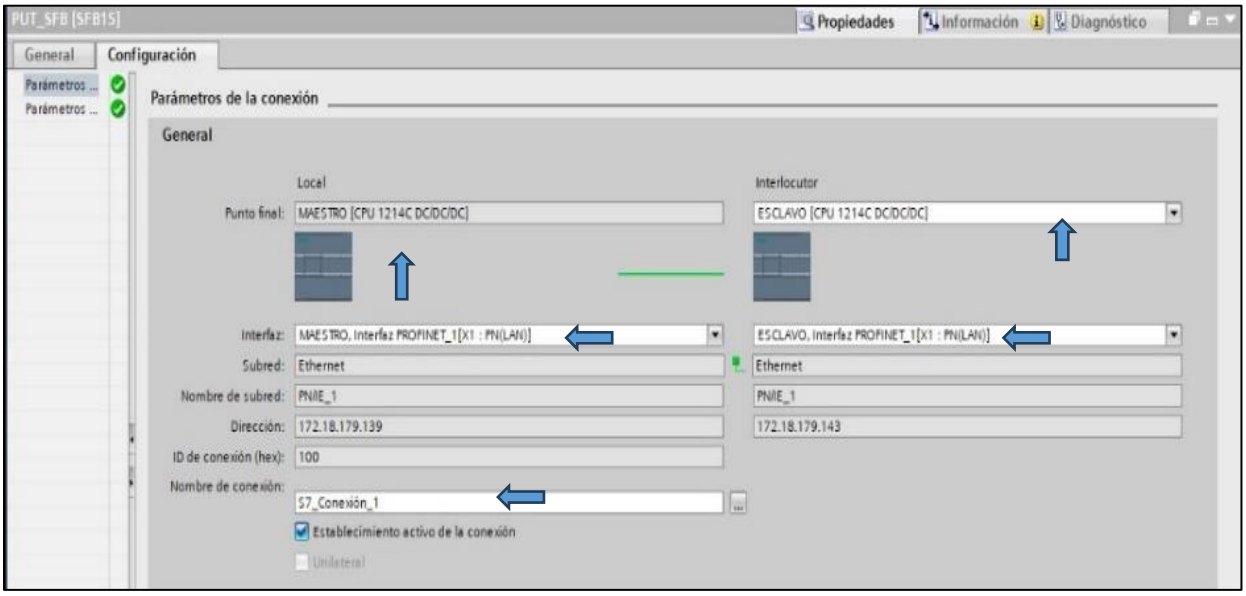


Nota. Indicación de configuración del bloque PUT para con llevar la programación

Se establece la comunicación entre los PLC maestro y esclavo para sincronizar y coordinar los procesos industriales, se dirige a "PROPIEDADES" se selecciona en "CONFIGURACION" luego a "PARAMETROS" y se configura el PLC Maestro y esclavo, en interfaz sed busca el nombre del plc a asignar y el tipo de comunicación "Profinet" luego a dirección en este caso el maestro es el "172.18.179.139"para el maestro luego al PLC esclavo se hace el mismo paso pero con la dirección "172.18.179.143", la figura 21.

Figura 21.

Comunicación entre PLC's



Nota. Se realiza la transferencia de datos.

5.2 Creación del bloque LSIM

Se incorporará un nuevo bloque OB y se elegirá esta elección "Cyclic interrupt", donde esta ordenación permite, bloque se ejecute automáticamente en intervalos regulares de tiempo con el lenguaje "KOP" y el tiempo de ciclo "100", y seleccionar "AUTOMATICO" figura 22.

Figura 22.

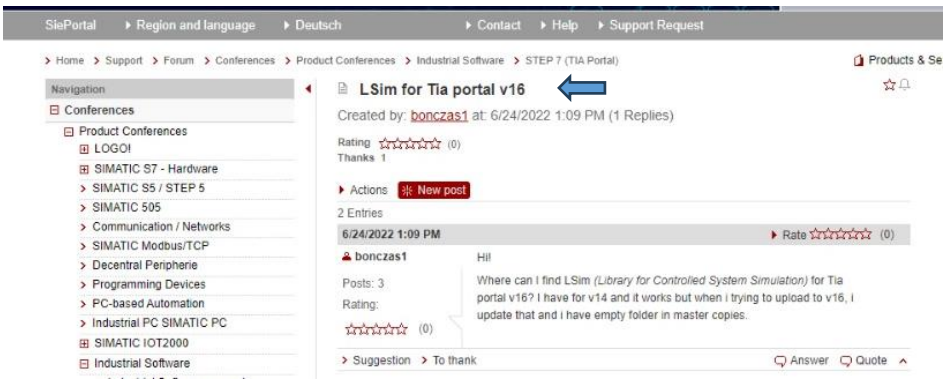
Configuración Cyclic interrupt

Nota. Se obtiene el bloque OB.

Para añadirla a la planta, se deberá acceder a la web de Siemens y descargar la carpeta "LSIM", para poder obtener los archivos necesarios para la configuración y la integración de la planta en el sistema, figura 23.

Figura 23.

LSim for Tia portal V16



Nota. Se busca la Librería LSIM para poder realizar el respectivo funcionamiento. Fuente: (Siemens, 2024).

Al haber extraído la biblioteca, se consigue el archivo llamado v16 library, este archivo contiene la librería para importarla en el sistema, lo que permitirá acceder a los recursos y configuraciones específicos requeridos para la planta, figura 24.

Figura 24.

Attachment

Nota. Se descarga la librería para las especificaciones de la planta.

Para agregar los archivos, se deberá acceder a la librería, luego de seleccionar "librerías globales" y hacer clic en la opción abrir librería global, el procedimiento permite cargar la librería extraída en el sistema, haciéndola disponible para su uso y configuración dentro del entorno de trabajo, figura 25.

Figura 25.

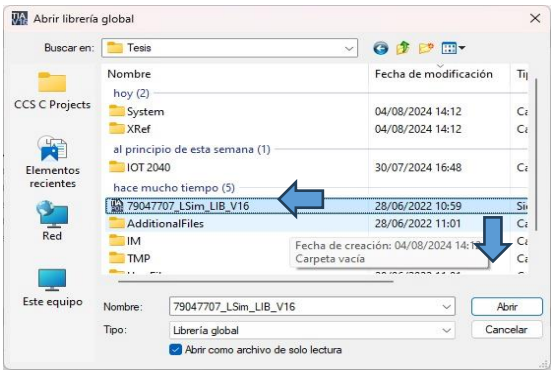
Librería Globales

Nota. Se busca la librera respectiva que se ha agregado.

Se deberá localizar el archivo que se descargó de la librería global se busca con el nombre “79047707_Lsim_LIB_V16” y luego se da en “ACEPTAR”, se procederá a importarlo al sistema según sea necesario, la figura 26.

Figura 26.

Proceso de descarga de la Librería

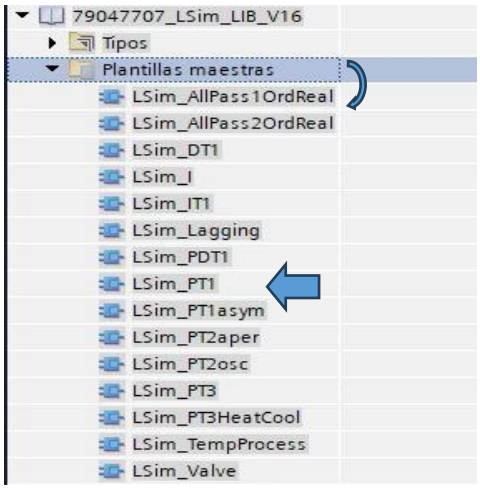


Nota. Se busca la librería y se visualiza el bloque LSIM PT1.

Se añadirá la librería denominada LSIM, se desglosa una carpeta llamada “TIPOS” y luego en “PLANTILLAS MAESTRAS” y luego el bloque “LSIM_PT1” el cual el proceso asegurará que ambos bloques trabajen juntos dentro del mismo entorno, figura 27.

Figura 27.

Entorno del bloque LSIM

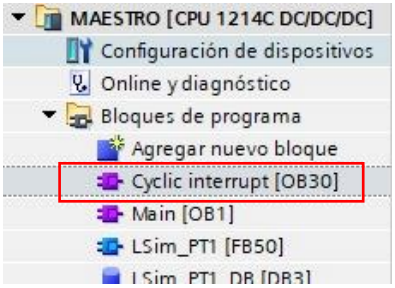


Nota. Resultado de variedad de librería LSIM.

Al agregar la librería, automáticamente se añaden los DB y FB en donde el DB se utiliza para definir los parámetros de la planta, esto facilita la configuración automática de los datos necesarios, figura 28.

Figura 28.

Parámetros



Nota. Se añade los DB Y FB.

A continuación, la tabla de variables con su respectivo tipo de datos, ya sea real o booleanos, con sus entradas y salidas respectivas, figura 29.

Figura 29.

Tabla de variable

LSim_PT1_DB

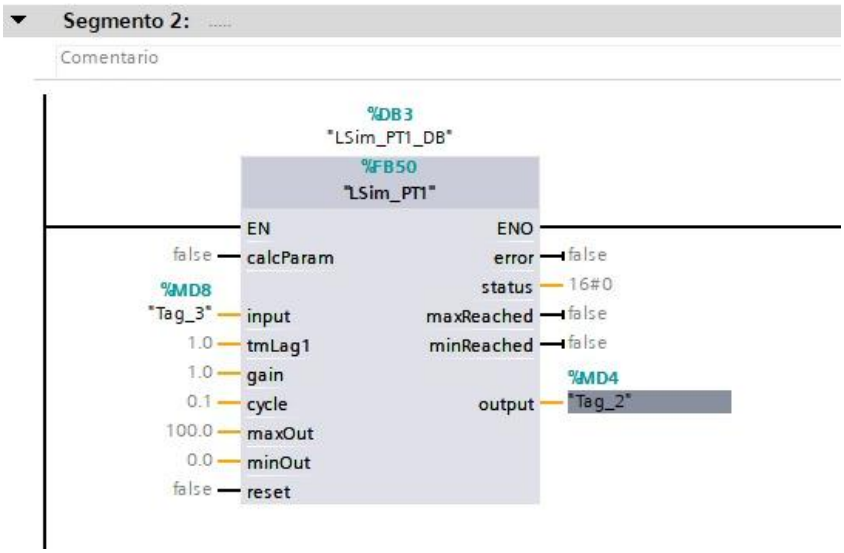
		Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ...	Valor de a...
1		Input							
2		calcParam	Bool	false		✓	✓	✓	
3		input	Real	0.0		✓	✓	✓	
4		tmLag1	Real	1.0		✓	✓	✓	
5		gain	Real	1.0		✓	✓	✓	
6		cycle	Real	0.1		✓	✓	✓	
7		maxOut	Real	100.0		✓	✓	✓	
8		minOut	Real	0.0		✓	✓	✓	
9		reset	Bool	false		✓	✓	✓	
10		Output							
11		error	Bool	false		✓	✓	✓	
12		status	Word	16#0		✓	✓	✓	
13		maxReached	Bool	false		✓	✓	✓	
14		minReached	Bool	false		✓	✓	✓	
15		output	Real	0.0		✓	✓	✓	
16		InOut							
17		Static							
18		statRf1	Real	0.0		✓	✓	✓	
19		statRe1	Real	0.0		✓	✓	✓	
20		statOverfirst	Bool	false		✓	✓	✓	
21		statOutput	Real	0.0		✓	✓	✓	

Nota. Se muestra la tabla de variables del bloque LSIM PT1 DB.

Se agregará las siguientes marcas para el setpoint, entradas, salidas, el mínimo y el máximo que en este caso es el rango del 0-100 y luego en “input” con el “%MD8” y su salida en el “output” con el “”MD4”, figura 30.

Figura 30.

Marca del bloque



Nota. Se muestra el bloque LSIM con sus respectivas marcas.

5.3 Configuración del bloque PID COMPACT

Se agregó el PID COMPACT al tiempo interrumpido dirigiéndose al apartado de instrucciones, luego seleccionando “tecnología”, seguido de “PID control”, y finalmente “PID Compact”, este proceso es para integrar el control PID en la secuencia deprogramación, asegurando que el sistema respondiera correctamente a las variaciones en el proceso, figura 31.

Figura 31.

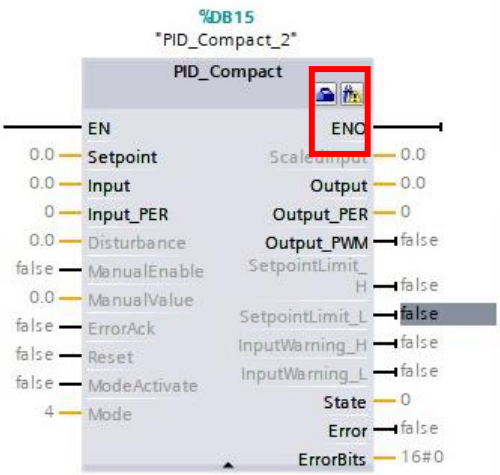
Ventana del PID Compact

Nota. Indicaciones para poder añadir el Bloque PID Compact al segmento.

Por lo siguiente, se dirigió al icono del maletín, lo que abrió una ventana donde se configuraron los ajustes básicos, las entradas y salidas, así como los parámetros del PID, para establecer las configuraciones necesarias y garantizar que el sistema funcionara de acuerdo con los requisitos establecidos, figura 32.

Figura 32.

Bloque PID Compact



Nota. Imagen de las configuraciones del PID Compact.

Por lo siguiente se dirige al maletín el cual nos abre una ventana en donde se configura ellos ajustes básicos los entradas y salida y los parámetros del PID luego se cambia e tipo de regulación que es “PRESION” y en “PSI”, para configurar el PID COMPACT, primero se determinaron los valores deseados para los parámetros Proporcional (P), Integral (I) y Derivativo (D) basados en las características del sistema. Luego, se ajustó el valor de Kp para regular la respuesta al error, Ki para eliminar el error en estado estacionario, y Kd para reducir las oscilaciones y mejorar la estabilidad, figura 33.

Figura 33.

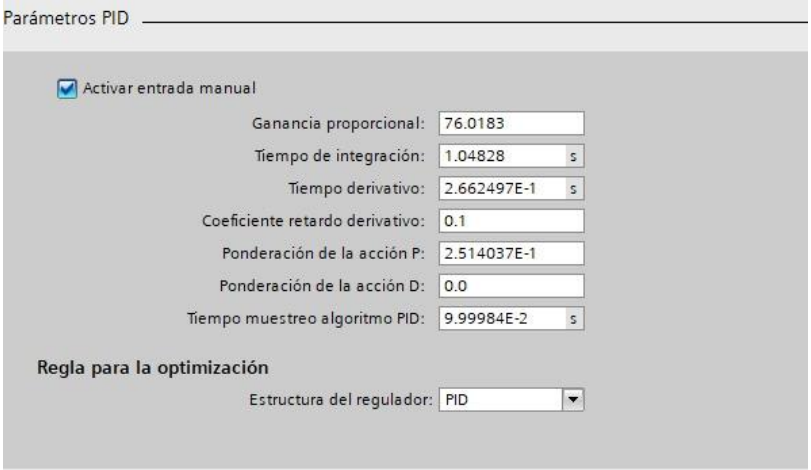
PID COMPACT

Nota. Tipo de regulación del PID.

Se realiza la misma configuración en el PLC esclavo, con la diferencia de que este recibe una señal del maestro para activar el PID Compact del esclavo co la oocion de actuvar su entrada manual. Esta comunicación se lleva a cabo mediante la comunicación PUT/GET, figura 34.

Figura 34.

Parámetros PID



Nota. Parámetros PID COMPACT**.**

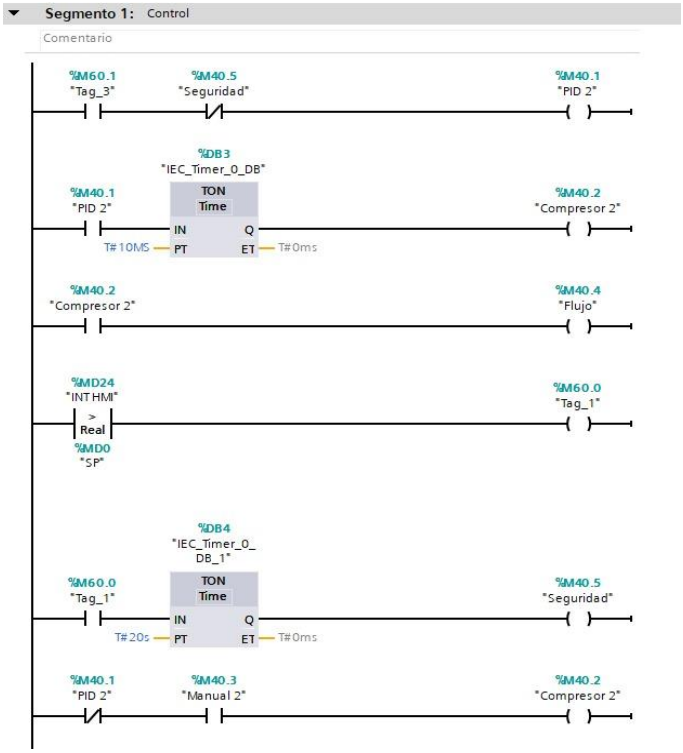
5.3.1 Configuración del PLC esclavo

En la parte correspondiente al segmento 1 que es el control en la programación, en la primera línea se mostró la recepción de una señal que indica la comunicación del maestro al esclavo. En la segunda línea, se colocó un temporizador para iniciar el simulador, permitiendo simular un arranque en vacío.

En la línea cuatro y cinco, se implementó una función de seguridad que monitoreó la entrada de PSI (presión), si esta superaba el setpoint durante más de 20 segundos, se habilita una alarma y, automáticamente, se apaga el control PID por razones de seguridad. En la última línea, se añadió un contacto para que el usuario pudiera controlar manualmente el sistema, lo que permitió verificar la funcionalidad del compresor, figura 35.

Figura 35.

Segmento 1 control

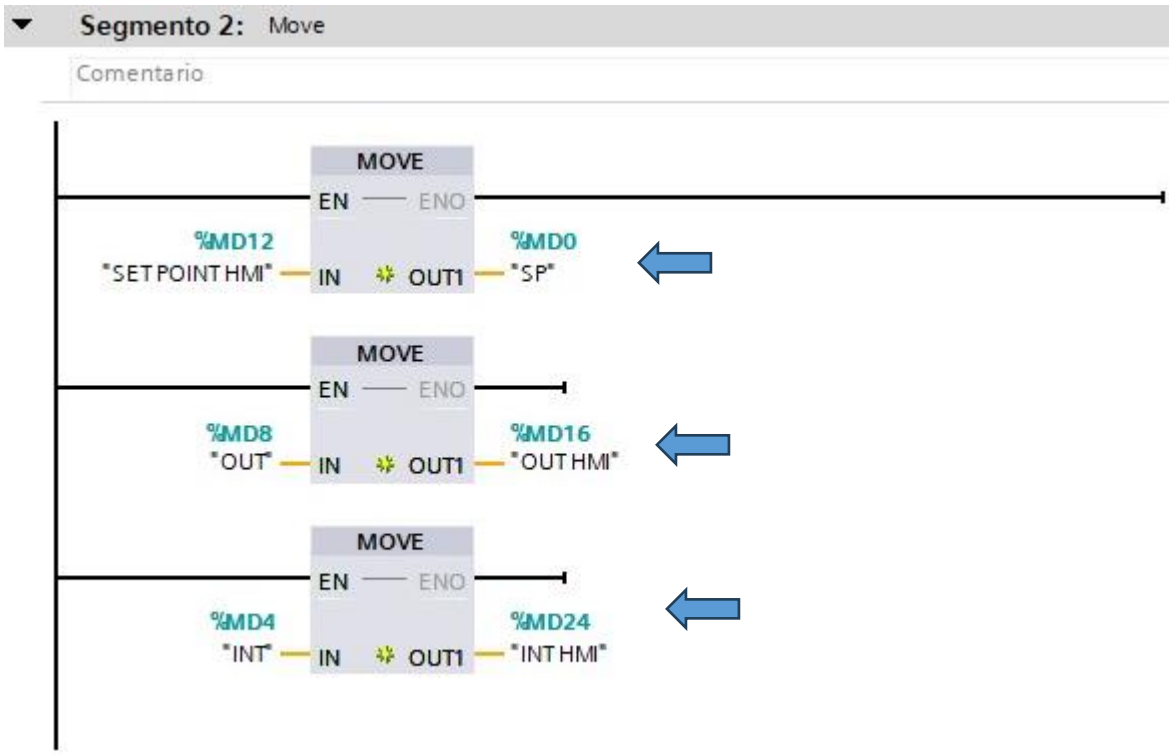


Nota. Programación general del segmento 1 del Esclavo.

En la figura siguiente, el bloque MOVE se utilizó para trasladar una variable a otra en su entrada se coloca el %MD12” que es el set point HMI y su salida al “%MD0” se realiza el mismo paso al demás bloque con la diferencia de que cada bloque tiene su variable diferente como es el “%MD8”, EL %MD16”, “%MD4”, “%MD24” facilitando así el control del PID. Este proceso fue necesario para que la variable pudiera ser visualizada y manipulada en el HMI (Interfaz Hombre-Máquina), figura 36.

Figura 36.

Segmento 2_MOVE



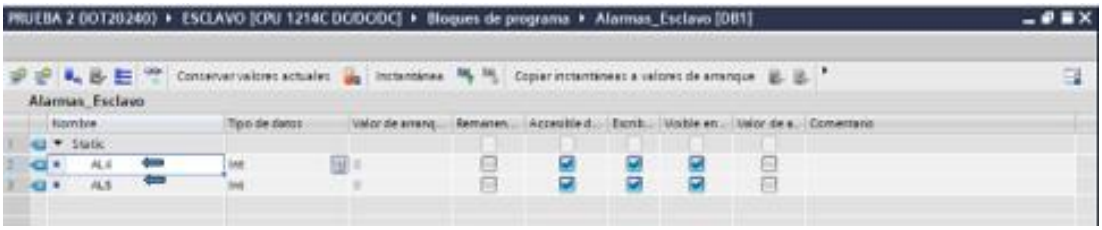
Nota. Traslación de datos de una variable a otra con el bloque MOVE.

Se creó un DB dirigiéndose al bloque de programas y seleccionando la opción de agregar un nuevo bloque, allí, se eligió el bloque de datos, que correspondió al DB que se necesitaba. al para almacenar y gestionar los datos necesarios para el control.

Se agregaron las variables correspondientes a las dos alarmas, para ello, se hizo clic derecho e insertó una fila para cada variable, nombrándolas como “AL4” y “AL5” y el tipo de datos para ambas variables fue definido como entero. El cual permitió establecer las alarmas necesarias dentro del bloque de datos para el control del sistema, figura 37.

Figura 37.

Configuración del bloque DB

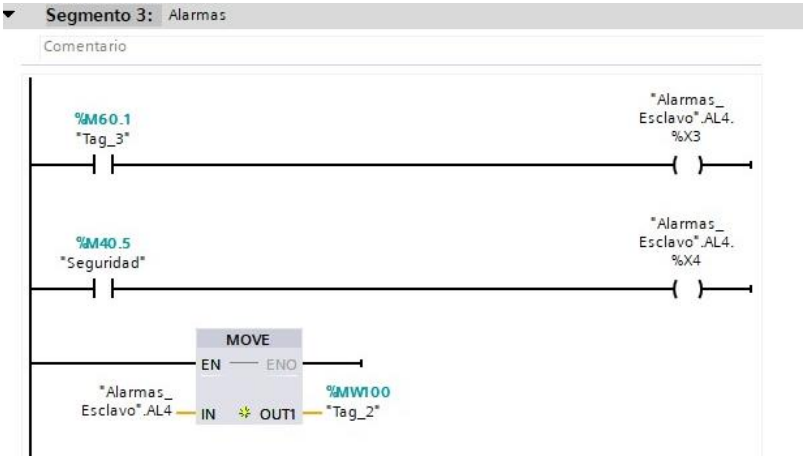


Nota. Creación de las dos alarmas en el bloque DB en datos enteros.

En el segmento 3, el sistema de alarma se configuró para que el usuario pudiera observar tanto las alarmas como el estado del compresor a través del HMI y este sistema facilitó la supervisión y el control del funcionamiento del compresor, permitiendo al usuario identificar cualquier problema o alerta en tiempo real, figura 38.

Figura 38.

Segmento 3 alarmas



Nota. Programación de alarmas en el main de Esclavo

5.3.2 Configuración en el PLC maestro

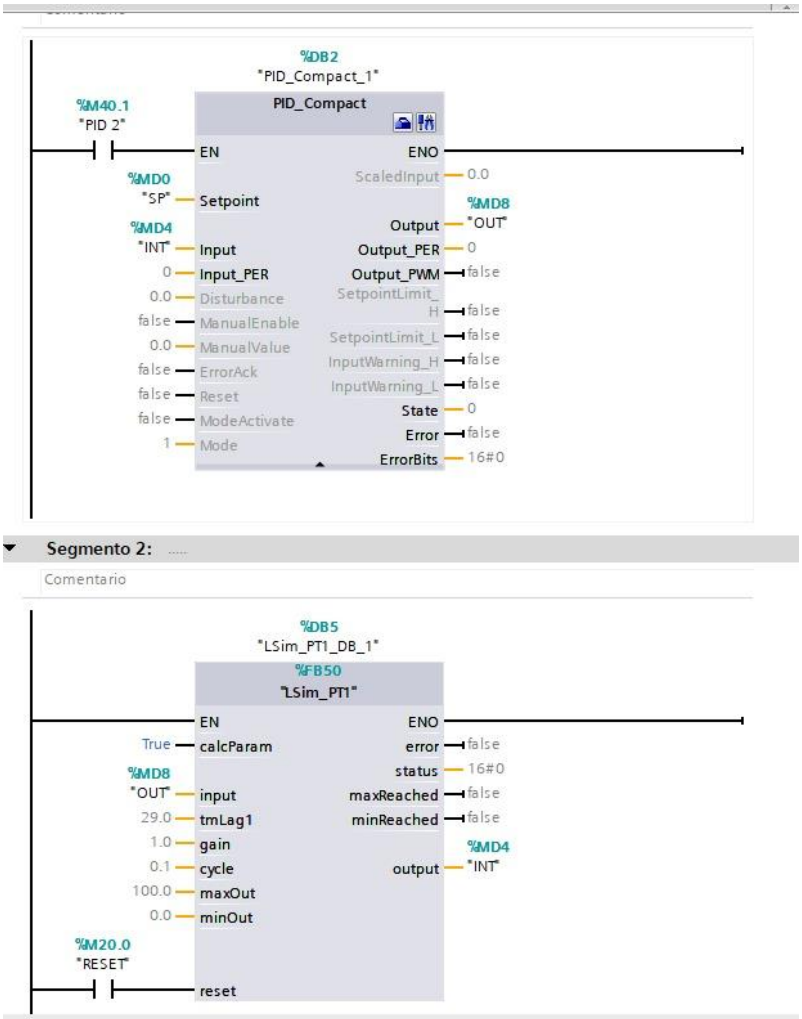
Se dirigió al ciclo interrumpido del esclavo, donde se agregó el PID Compact en el segmento 1, en el apartado del setpoint, se asignó MD0 como "SP", permitiendo que el

usuario manipule esta variable a través del HMI y, además se configuró MD4 como la entrada y MD8 como la salida del control PID.

En el segmento 2, se mostró la planta simulada, donde se colocaron los parámetros de manera automática. Esta simulación ayudó a obtener los valores necesarios para ajustar el control PID y el botón de reset se utilizó para reiniciar la planta del control PID, figura 39.

Figura 39.

Segmento 1 PID Compact y Segmento 2 LSim



Nota. Creación de la programación del Bloque PID Compact y LSim del Maestro.

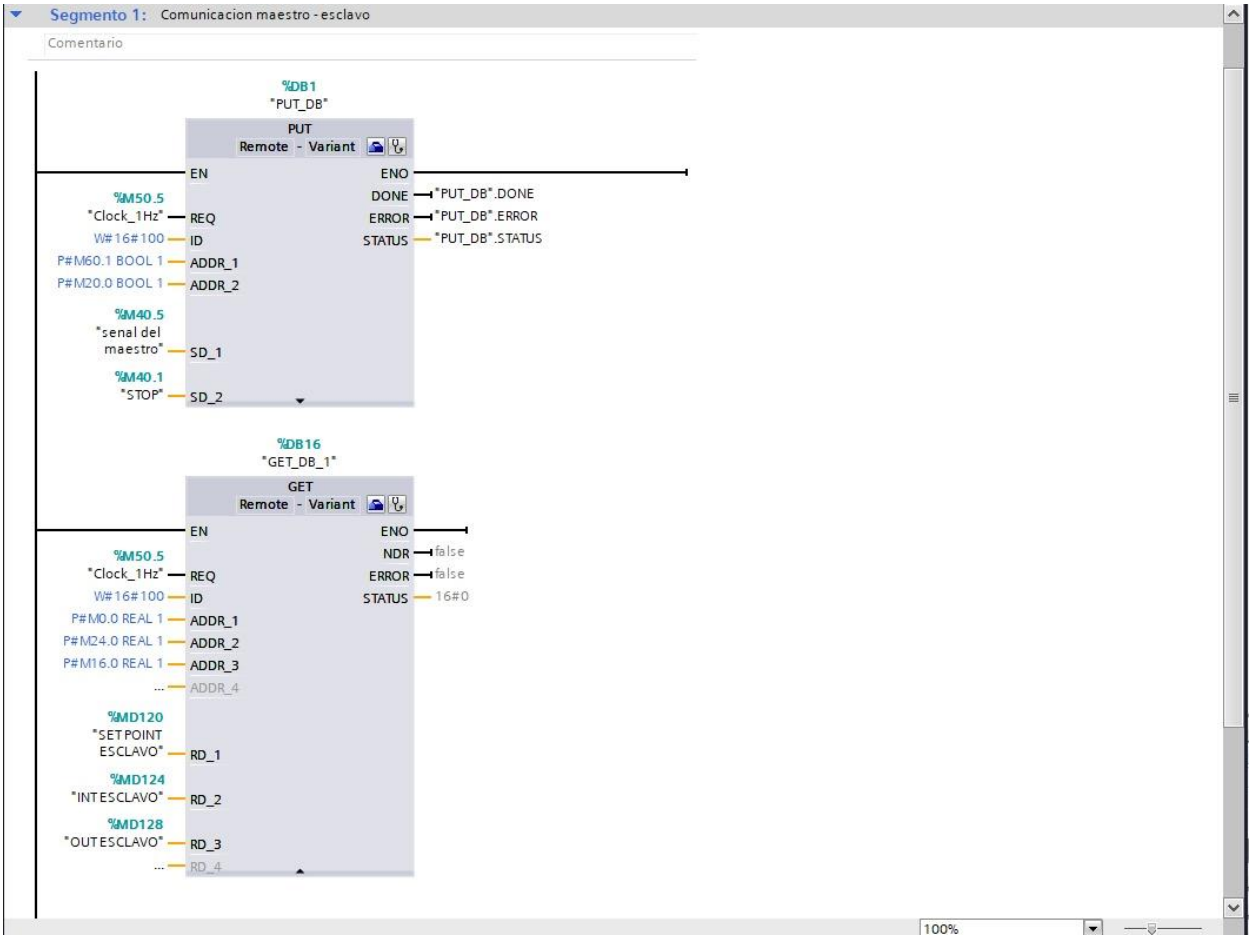
En esta sección, se añadieron los bloques PUT y GET. El bloque PUT se encargó de enviar los datos que activan el PID 2 y el paro general, transmitiendo datos booleanos y por

otro lado, el bloque GET recibió la variable del PID, en este caso, las salidas del PID esclavo, recibiendo los datos en formato real. Este proceso permitió la correcta transmisión y recepción de datos entre los diferentes componentes del sistema, figura 40.

Figura 40.

Bloques PUT y GET

Nota. Programación del bloque PUT y GET.

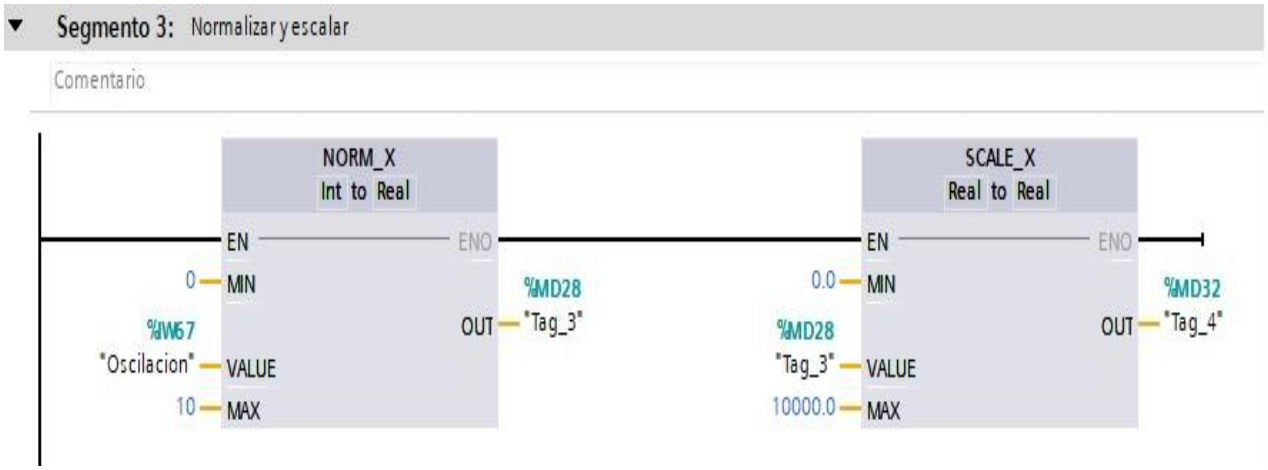


Además, se ha implementado una condición que activa el controlador PID 2 en el PLC esclavo cuando el valor de IW67 supera los 10000.0 de oscilación, la medida permitirá

gestionar automáticamente situaciones donde se requiere un ajuste adicional del proceso, figura 41.

Figura 41.

Bloques Normalizar y Escalar



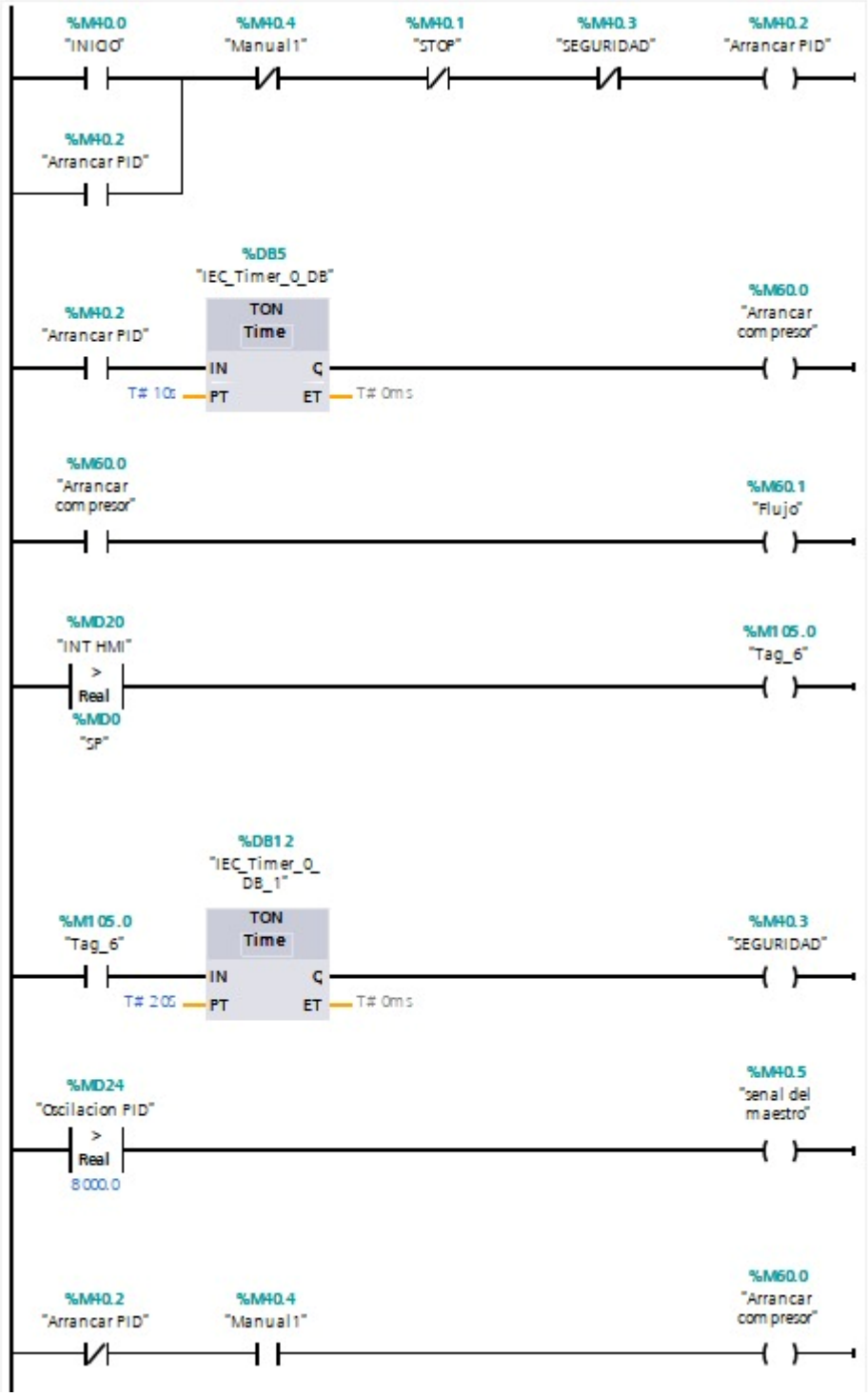
Nota. Se realiza la conversión y se escala los valores de entero a real.

Se implementó un enclavamiento que incluye seguridad y control PID, cuando se realiza un control manual, el control PID se apaga y se añadió un temporizador de 10 segundos para simular un arranque en vacío. En la línea 5, se estableció una medida de seguridad y si la entrada del setpoint es mayor durante 20 segundos, se abre el circuito para detener el control PID.

Un detalle importante es que el sistema presenta una oscilación que se controla mediante un potenciómetro físico, simulando así una demanda de la planta y si esta demanda supera 800, se activa el PID 2 del esclavo, figura 42.

Figura 42.

Programación general del main Maestro

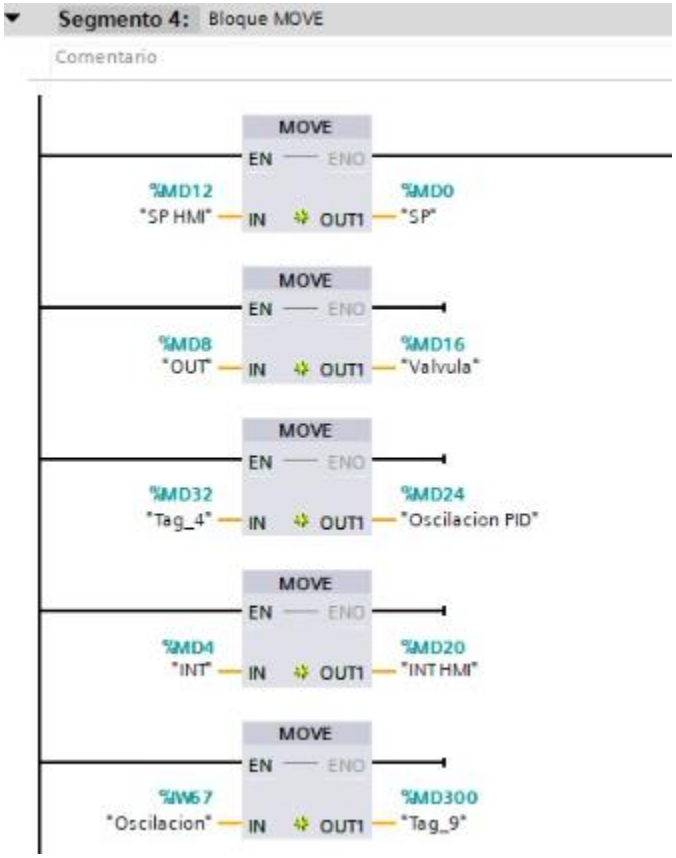


Nota. Programación general de la oscilación del PID

Luego, en el segmento 4, se añadieron los bloques MOVE para transferir variables entre las mismas áreas de datos y facilitó la identificación y gestión de las variables en el HMI, permitiendo una mejor visualización y seguimiento de la información dentro del sistema, figura 43.

Figura 43.

Segmento 4 del Maestro Bloque Move



Nota. Intercambios de variables en el main de Maestro.

A continuación, se creó un bloque DB para las alarmas del maestro. En este bloque, se insertaron filas para las alarmas AL1, AL2, AL3, AL6 y AL7, todas con el tipo de dato definido como entero, el cual permitió gestionar y almacenar las alarmas de manera organizada, facilitando su uso y seguimiento en el sistema, figura 44 y 45.

Figura 44.

Alarmas del Maestro

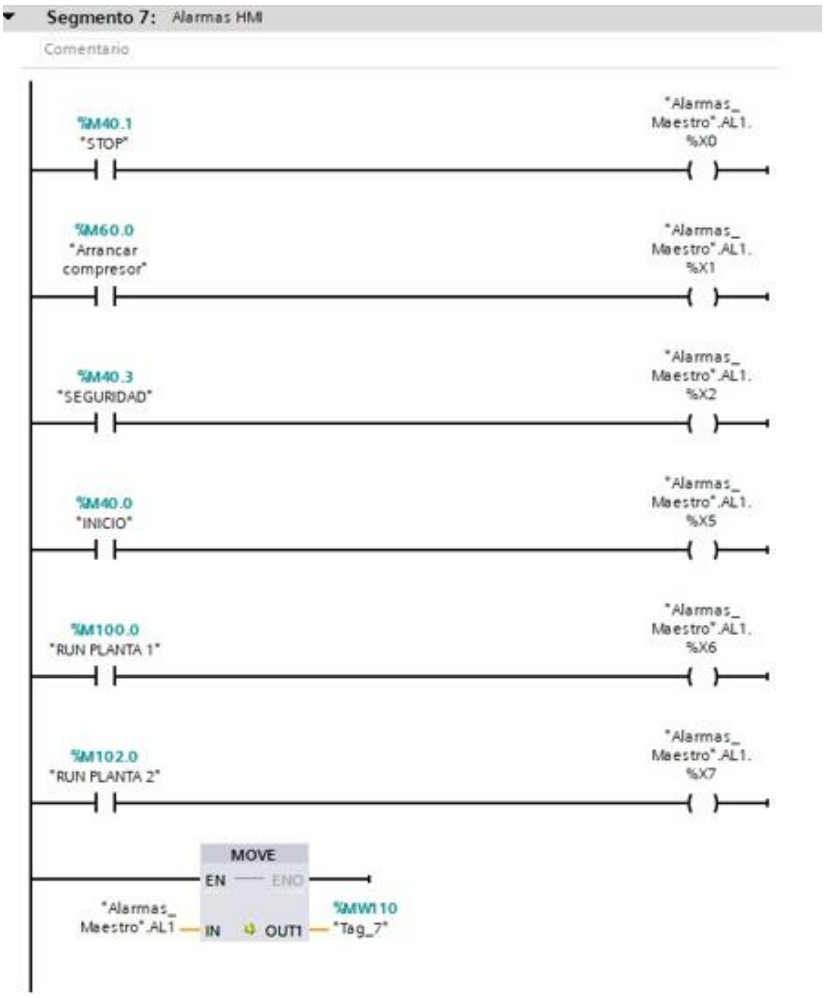
Alarmas_Maestro (instantánea generada: 10/08/2024 14:54:45)

	Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ..	Valor de a..	Comentario
1	Static								
2	AL1	Int	0		☑	☑	☑		
3	AL2	Int	0		☑	☑	☑		
4	AL3	Int	0		☑	☑	☑		
5	AL6	Int	0		☑	☑	☑		
6	AL7	Int	0		☑	☑	☑		

Nota. Incorporación de las alarmas del main Maestro.

Figura 45.

Segmento 7 de las alarmas del HMI

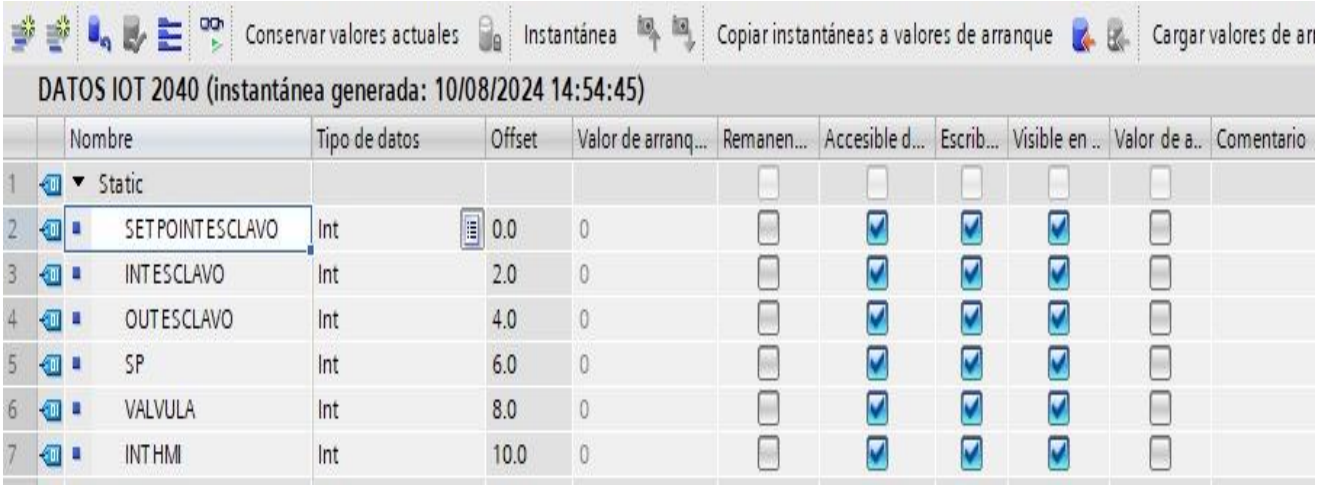


Nota. Programación de las alarmas del main Maestros para visualizarlos en el HMI.

Al compilar el sistema, se asignaron automáticamente los offsets, que correspondieron a las direcciones de memoria para cada variable, el cual permitió que las variables y alarmas fueran correctamente ubicadas y gestionadas dentro del bloque DB, asegurando un acceso y manipulación precisos de los datos, figura 46.

Figura 46.

Datos IOT



	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ..	Valor de a..	Comentario
1	Static									
2	SETPOINTESCLAVO	Int	0.0	0		☑	☑	☑		
3	INTESCLAVO	Int	2.0	0		☑	☑	☑		
4	OUTESCLAVO	Int	4.0	0		☑	☑	☑		
5	SP	Int	6.0	0		☑	☑	☑		
6	VALVULA	Int	8.0	0		☑	☑	☑		
7	INTHMI	Int	10.0	0		☑	☑	☑		

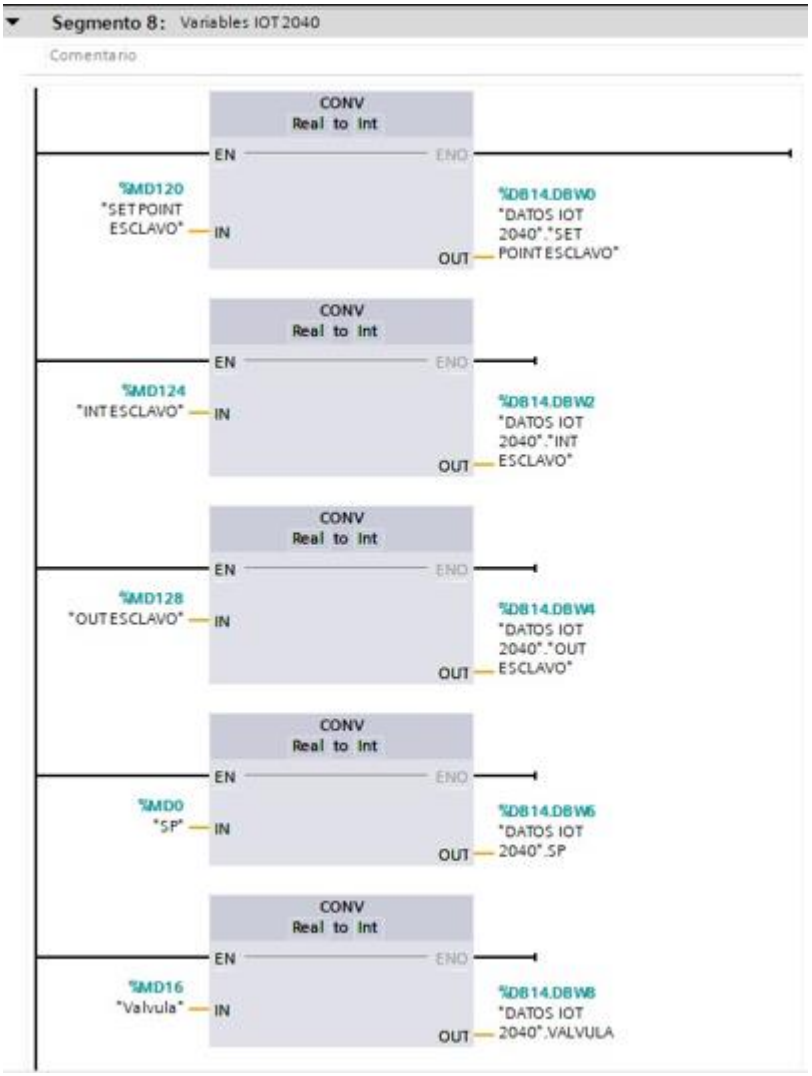
Nota. Asignación de las direcciones de memorias para cada variable.

Se recibieron los datos del main, y dado que estos datos eran reales, se convirtieron en enteros para facilitar su uso en Node-RED. Esta conversión permitió que los datos pudieran ser manejados adecuadamente en el entorno de Node-RED.

Se asignó una dirección específica para esta conversión, lo que facilitó la comunicación entre el sistema y Node-RED, figura 47.

Figura 47.

Segmento 8 Variables IOT



Nota. Programación de las variables del IOT en conversión de reales a enteros y comunicación con la Node-Red.

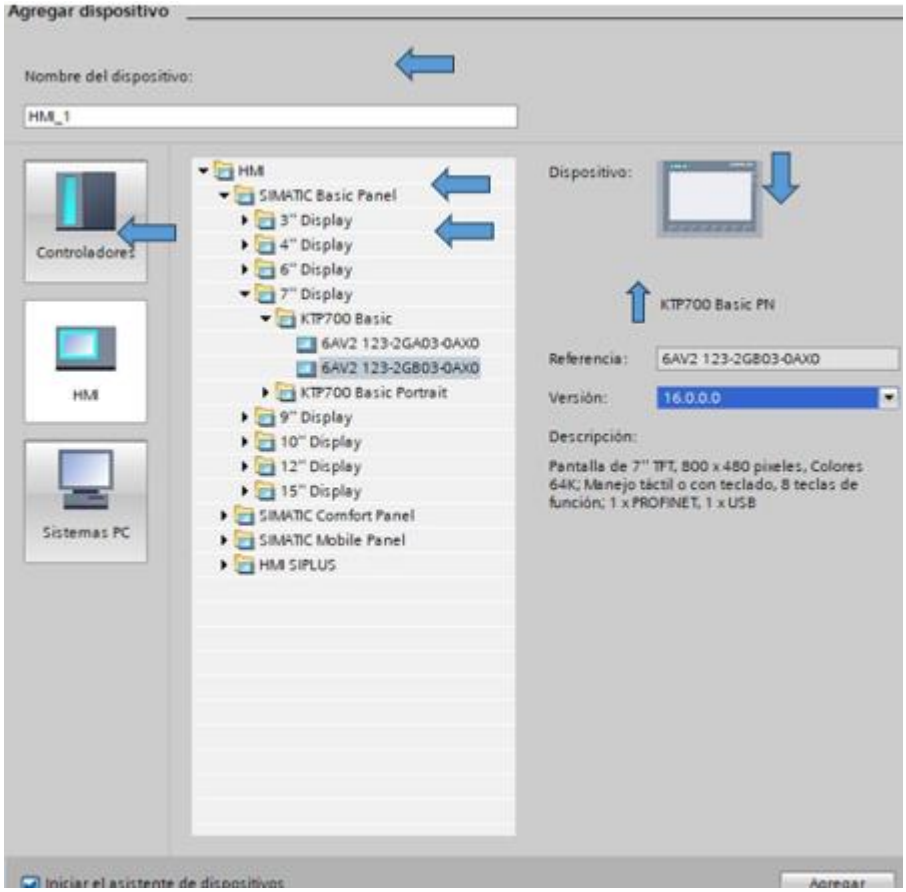
5.4 Desarrollar una interfaz de usuario para el control de presión continua mediante HMI

5.4.1 Añadir el HMI

Para crear la interfaz del HMI, primero se accedió a la pestaña "Agregar nuevo dispositivo", luego se seleccionó "HMI" y se eligió "Simatic Basic Panel". A continuación, se seleccionaron las pulgadas del panel, en este caso, un Display de 7”, y el modelo "6AV2 123-2GB03-0AX0" con la versión 16, figura 48.

Figura 48.

Configuración del HMI



Nota. Creación de la interfaz HMI.

Primero, asegurar de tener abierto el proyecto en el que se está trabajando y navegar hasta la pantalla HMI en la que se quiere agregar los elemento, en la barra de herramientas de la derecha, selecciona la opción “Imagen” y luego “Fondo”, busca y selecciona la imagen que se usará como fondo y ajustarla para que cubra toda la pantalla, para insertar la imagen del logo se tiene que volver a la barra de herramientas y selecciona “Imagen” y esta vez, elegir la imagen que se agregará encima del fondo.

Para finalizar se añade el titulo el cual, para agregar el título, selecciona la opción “Texto” en la barra de herramientas y escribe el título que se deseas y cambiar el tamaño,

Figura 49.

Ventana principal del HMI

fuente y color del texto para que resalte bien sobre el fondo que se eligió, figura 50.

Nota. ventana principal del HMI.

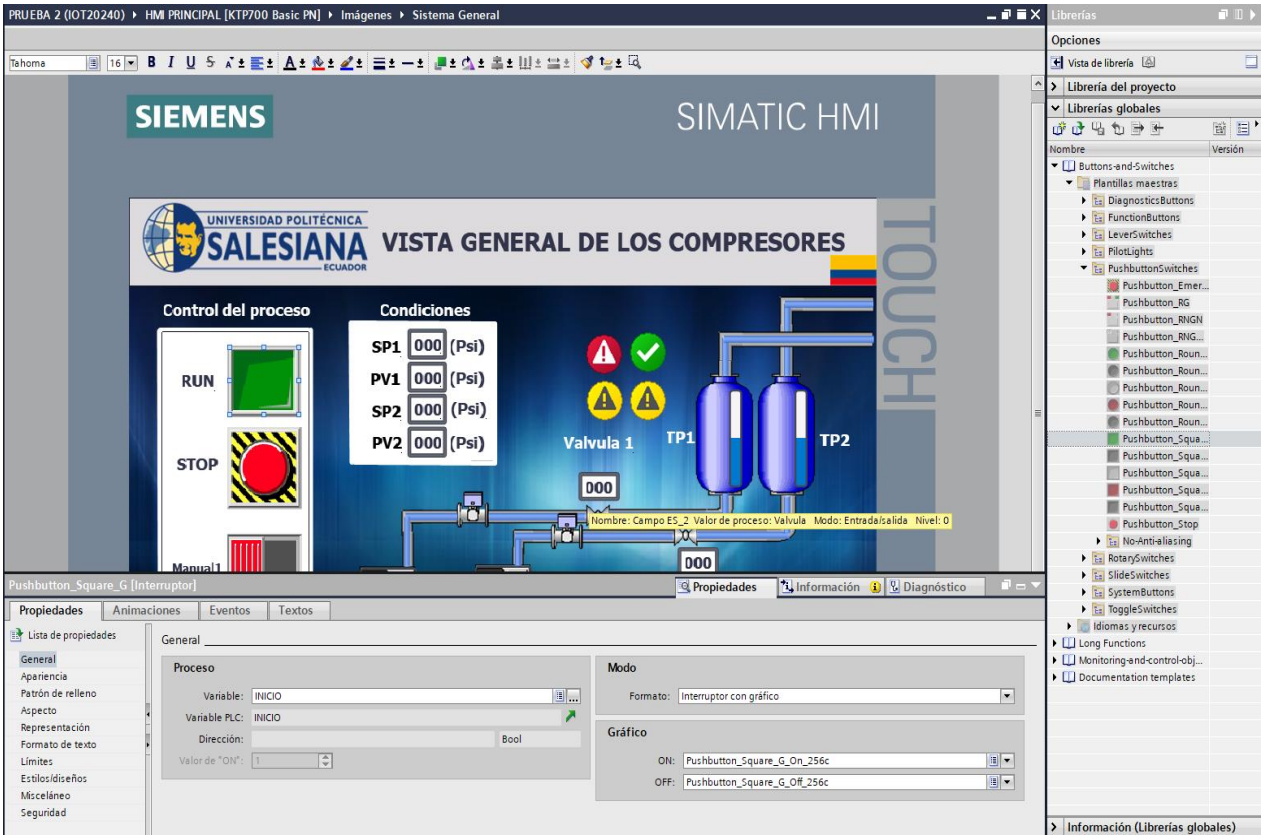
5.4.2 Configuración de los iconos HMI

5.4.2.1 Configuración Botón "Run"

En la sección de herramientas, se seleccionó la opción "Botón" y se insertó en la pantalla HMI, luego, se accedió a las propiedades del botón y, bajo la opción "Eventos", se configuró la acción "Presionado", se seleccionó la opción "Asignar variable" y se eligió la variable correspondiente al comando "Run" del sistema, el cual garantizó que, al presionar el botón, se enviara la señal adecuada para iniciar el sistema, figura 50.

Figura 50.

Ventana HMI General



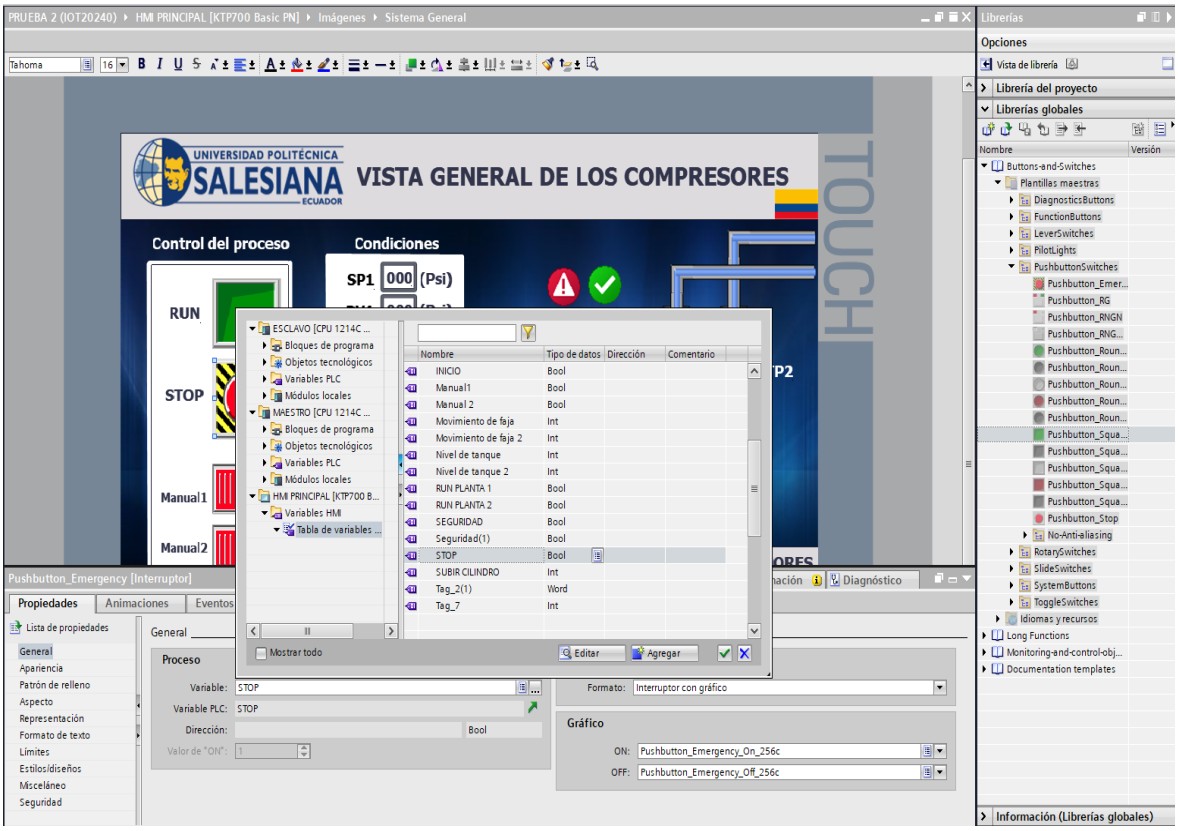
Nota. Ventana general del HMI mostrando la ventada de proceso de señal

5.4.2.2 Configuración Botón "Stop"

A continuación, se realiza los mismos pasos similar al botón "Run", se insertó un segundo botón en la pantalla HMI, etiquetado como "Stop", en las propiedades de este botón, bajo "Eventos", también se configuró la acción "Presionado", en este caso, se asignó la variable correspondiente al comando "Stop" del sistema y permitió que al presionar el botón "Stop", el sistema se detuviera correctamente, como se logra observar en la siguiente figura 51 y 52.

Figura 51.

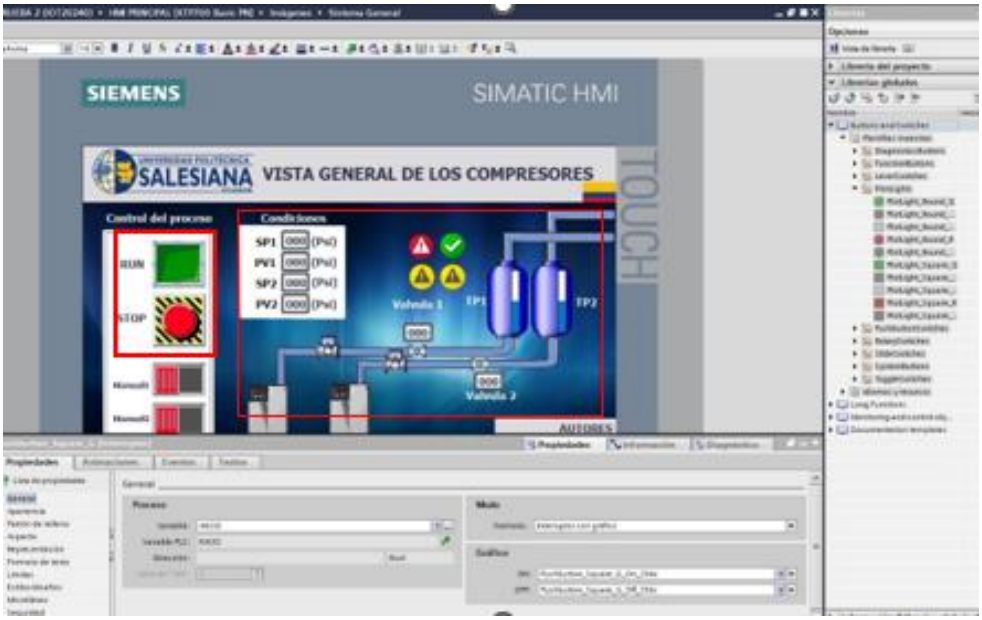
Configuración del boton stop



Nota. Se observa la configuración de los botones con sus diferentes variables.

Figura 52.

Configuración de los iconos en HMI



Nota. Se observa la configuración del icono de marcha y paro.

Para organizar y configurar los demas iconos se siguieron los mismo pasos para cada ícono, como válvulas, luces piloto, tuberías y blowers, se seleccionó el ícono correspondiente en la pantalla HMI, se accedió a las propiedades del ícono y se asignó la variable correspondiente a su función específica, el cual garantizó que cada ícono respondiera correctamente a las señales del sistema, permitiendo que las válvulas se abrieran o cerraran, que las luces piloto se encendieran y apagaran, y que las tuberías y blowers funcionaran de acuerdo a las condiciones establecidas

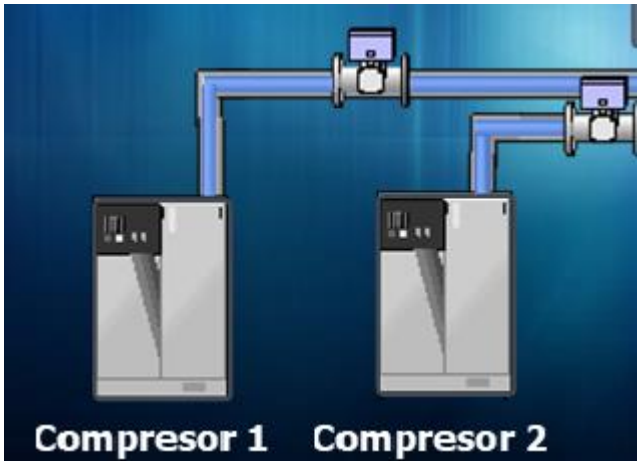
5.4.3 Vista general de los compresores

Después de completar todos estos pasos en TIA Portal, el HMI quedó configurado con una interfaz visualmente clara y funcional, se podran visualizar y controlar los diferentes aspectos del proceso, incluyendo el “Control del proceso” el cual se compone de botones y

controles que permitían iniciar o detener el proceso completo, así como ajustar diferentes parámetros de manera manual, en donde ofrece un control total sobre el sistema desde la interfaz HMI, las “Condiciones del sistema”, se podran monitorear las condiciones actuales del sistema, figura 53.

Figura 53.

Ventana General del HMI



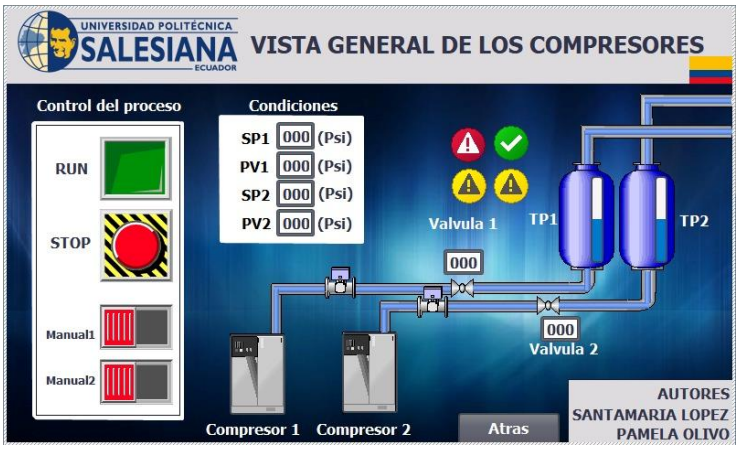
Nota. Se muestra la ventana de los compresores.

5.4.4 Configuración Compresor 1 y 2

“Compresor 1 y Compresor 2”, los compresores se representaban con íconos específicos, acompañados de sus respectivos indicadores y botones de control, se podran visualizar los estados de cada compresor, como si estaban operativos o inactivos, y las “Válvulas” del sistema se mostraban en la pantalla, con indicadores de su estado (abiertas o cerradas) y controles para operarlas el cual cada válvula está claramente identificada y organizada, figura 54.

Figura 54.

Ventana General del HMI



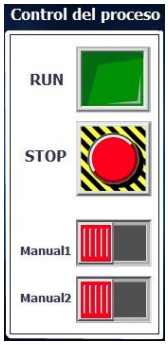
Nota. Se muestra la ventana principal de los compresores.

5.4.5 Control de proceso del HMI

Se configuró una acción que activó la imagen y redirigió al usuario a la pantalla correspondiente, los mismos pasos se replicaron para las demás ventanas, para el sistema general, se visualizó el funcionamiento de los compresores con botones específicos y se mostraron las presiones correspondientes, proporcionando al usuario una visión completa y detallada del sistema, tal como se ilustra en la figura 55.

Figura 55.

Control de proceso



Nota. Se muestra los iconos para el arranque del sistema.

5.4.6 Etapa de selección HMI

Para configurar una etapa de selección en el HMI utilizando TIA Portal, se realizó la creación de cuatro ventanas diferentes, cada una representando un proceso específico, cada una diseñada para un proceso distinto del sistema, a cada ventana se le asignó un nombre claro y representativo de su función, como "Sistema General", "Tanques Pulmón", “Planta”, “ Parámetros”, lo que permitió una identificación rápida y precisa de cada una, para la configuración de la navegación entre ventanas, se insertaron botones y imágenes en la pantalla principal del HMI que funcionaran como enlaces a estas ventanas, el cual para cada botón y imagen, se configuró una acción de redirección, de manera que al ser seleccionada, el usuario fuera llevado directamente a la ventana correspondiente, figura 56.

Figura 56.

Etapa de selección

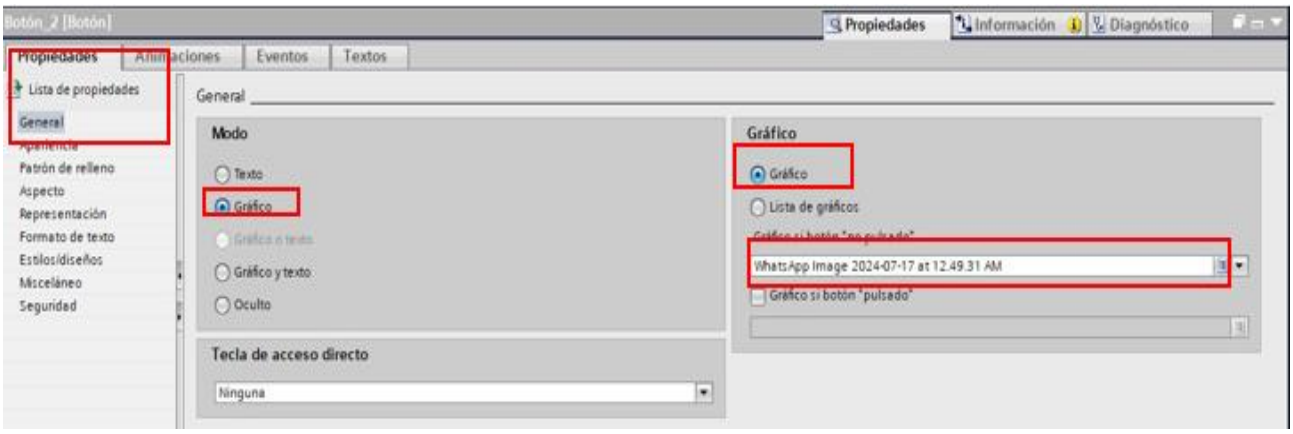
Nota. se muestra las ventanas del HMI.

5.4.7 Configuración de plantillas del sistema general

Para configurar el botón "SISTEMA GENERAL" en el HMI, se eligió un botón desde la barra de herramientas y se insertó en la pantalla HMI en la posición deseada, este botón fue destinado a servir como acceso directo a la pantalla del "Sistema General", una de las principales interfaces del proyecto, donde se accedió a las propiedades del botón y, en la sección de "Gráficos", se seleccionó un gráfico que representara de manera clara y atractiva la función del "Sistema General" y se eligió un gráfico que fuera visualmente intuitivo para los operadores, asegurando que el botón fuera fácil de identificar y un ícono que reforzara la función del botón, la combinación de gráfico e imagen ayudó a que el botón "SISTEMA GENERAL" no solo fuera funcional, sino también estéticamente agradable y fácil de usar, figura 57.

Figura 57.

Configuración del sistema general



Nota. Se muestras las propiedades generales.

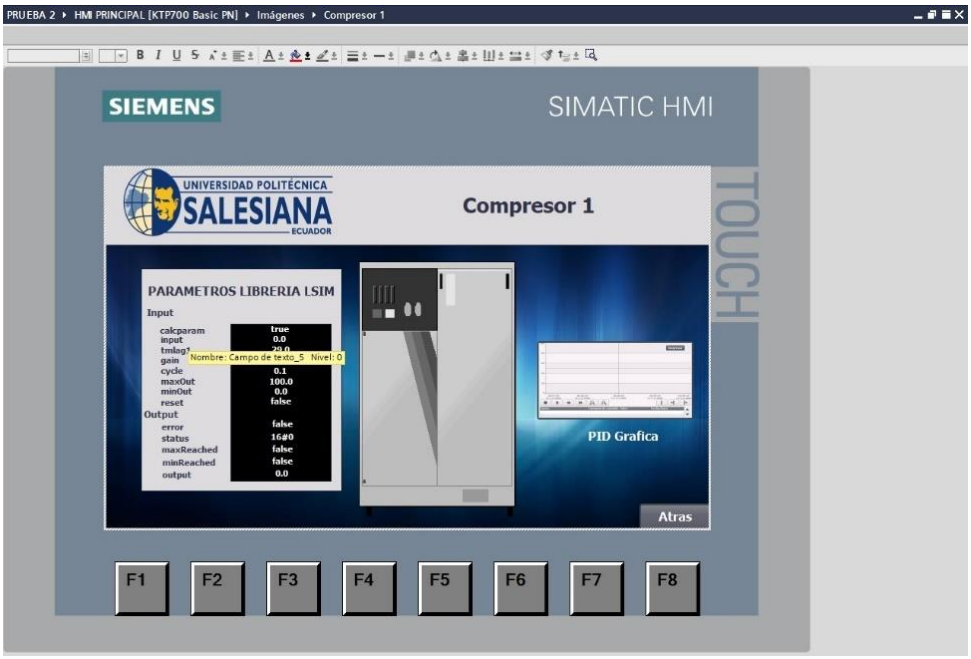
5.4.8 Configuración de los compresores en HMI

Para implementar la funcionalidad que permitiera al usuario acceder a una pantalla detallada al pulsar sobre los compresores en el HMI, en la pantalla principal, se seleccionaron los íconos de los compresores, que ya estaban representados visualmente, para cada compresor, se accedió a las propiedades del ícono y se configuró una acción bajo la sección "Eventos" se eligió la opción "Al hacer clic" y se configuró para redirigir al usuario a una pantalla específica que mostrara detalles sobre ese compresor en particular.

Se crearon pantallas adicionales dedicadas a cada compresor, estas pantallas detalladas incluían todos los parámetros específicos relevantes, como presiones, temperaturas, estado operativo, y otros indicadores clave, cada pantalla fue diseñada para mostrar la información de manera clara y organizada, figura 58.

Figura 58.

Configuración de los compresores



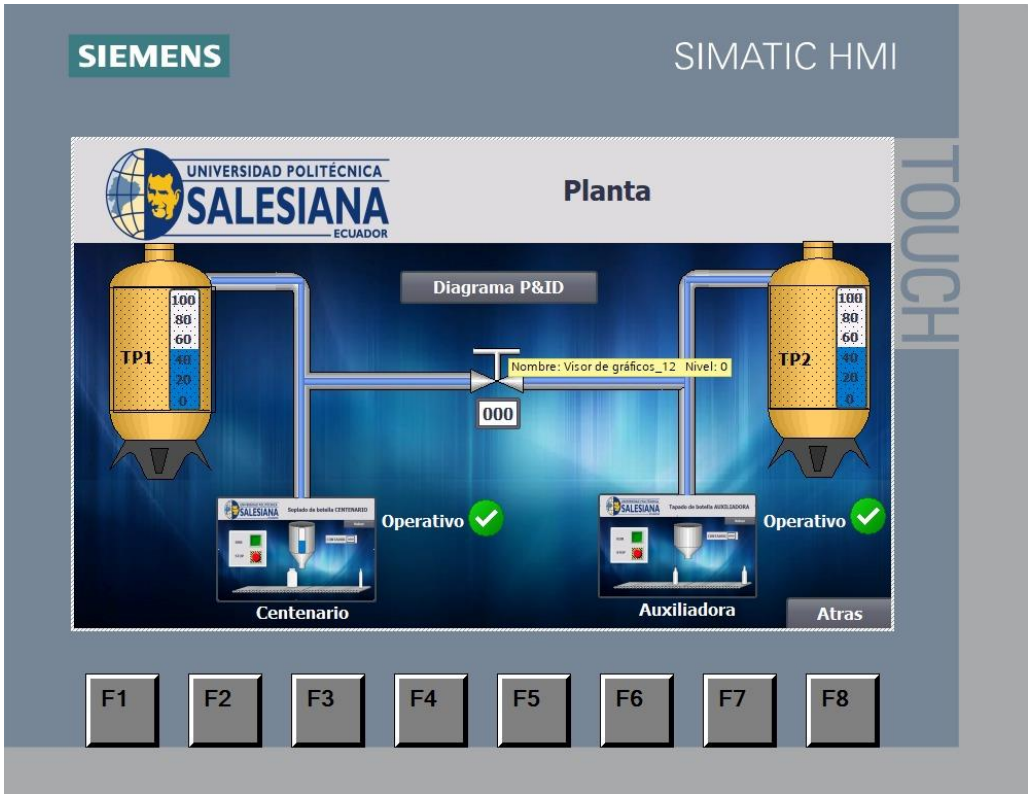
Nota. Se observa los parámetros de los compresores.

5.4.9 Etapa Tanque Pulmón

En la etapa de selección del HMI, se configuró una ventana dedicada al "Tanque Pulmón", lo cual se realizo los mismo pasos que se hicieron anteriormente, se añadió una nueva ventana al proyecto, específicamente diseñada para monitorear el "Tanque Pulmón", esta ventana, se incluyeron gráficos y controles que permitían visualizar de manera clara y precisa el nivel de los tanques y la presión actual en cada uno, se colocaron indicadores de nivel que mostraban el estado de llenado de los tanques en tiempo real, figura 59.

Figura 59.

Configuración del tanque



Nota. Se observa la estructura del tanque pulmón.

5.4.10 Parametros y alarmas del HMI

En la configuración de los parámetros generales para el control PID en el HMI, se definieron y configuraron los parámetros específicos necesarios para el funcionamiento óptimo del control PID. Esto incluyó establecer los valores adecuados para los términos Proporcional (P), Integral (I) y Derivativo (D), así como cualquier ajuste adicional necesario para el sistema, estos parámetros fueron introducidos en el HMI mediante campos de entrada o controles deslizantes, figura 60.

Figura 60.

Parámetros generales

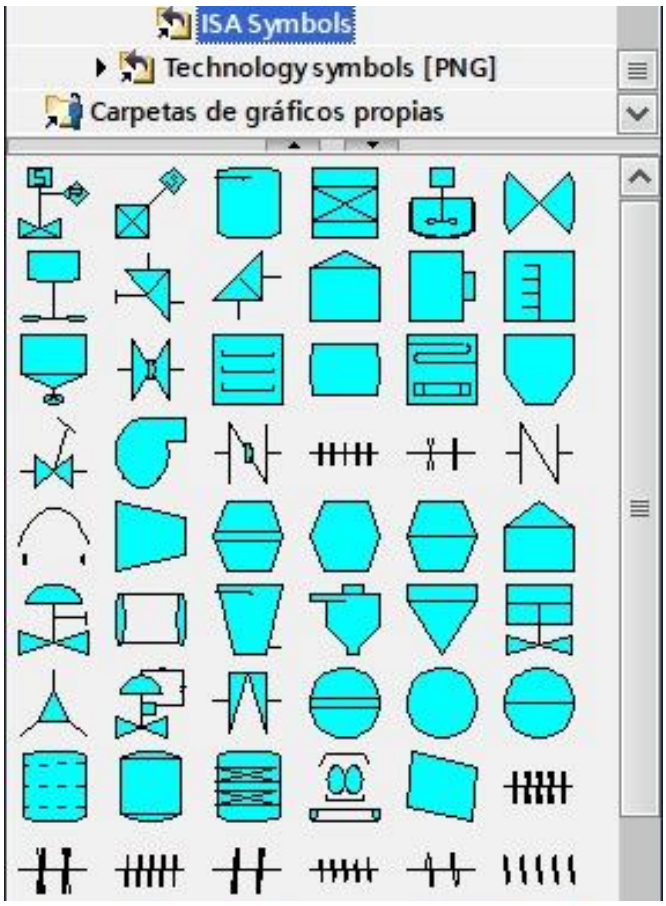
Nota. Se observa los parámetros de los dos compresores.

5.4.11 Diagrama P&ID

Se accedió a la carpeta ISO símbolo para encontrar los componentes necesarios para el diagrama P&ID, como se observa en la figura 61, estos símbolos se utilizaron para documentar procesos en instalaciones industriales y representan la relación funcional entre tuberías, instrumentación y equipos del sistema, luego, se seleccionaron las formas correspondientes para incluirlas en la leyenda del diagrama y finalmente, se aseguró que la documentación fuera precisa y reflejara correctamente la estructura y operación del sistema.

Figura 61.

Carpeta ISA Symbols



Nota. Se muestra la carpeta descargada para realizar el circuito de los compresores.

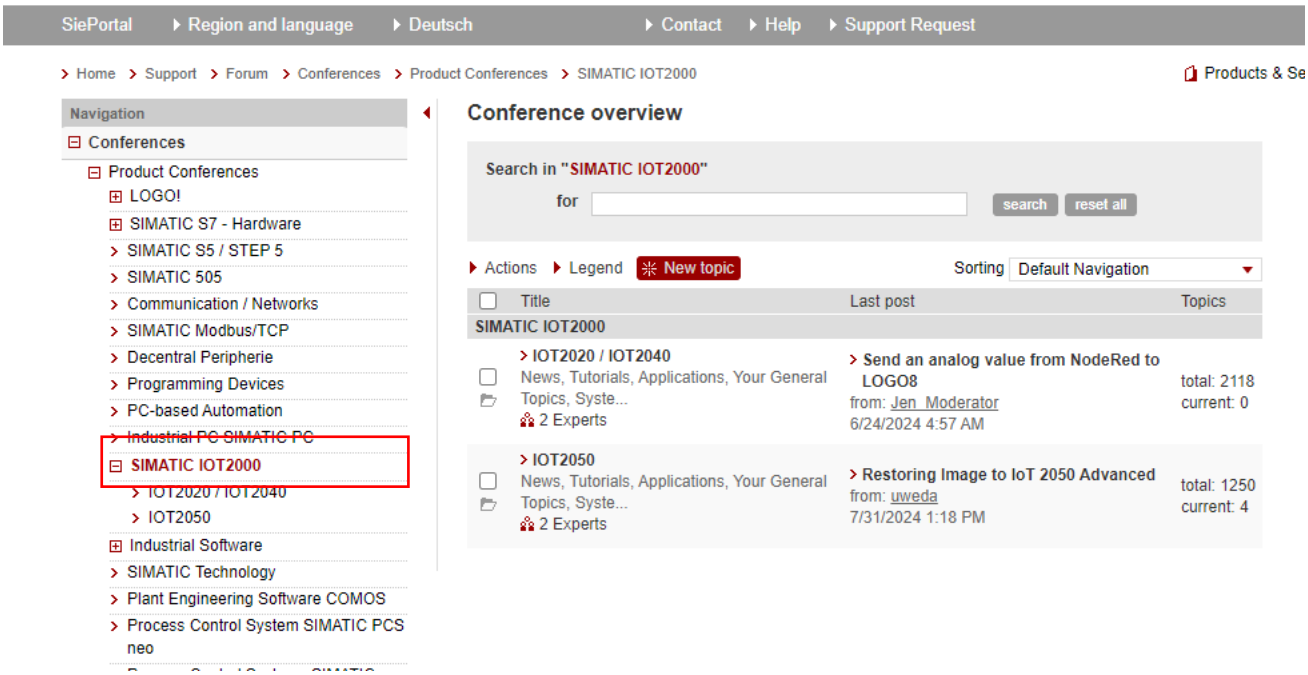
5.5 Integrar la plataforma IoT2040 para proporcionar monitoreo del sistema.

5.5.1 Inscripción en el foro de Siemens y obtener los archivos necesarios.

Para la primera instalación del sistema operativo Yocto Linux, que se utilizará para la configuración con herramientas útiles para proyectos con el IOT2040, es necesario estar registrado en el foro de Siemens para el SIMATIC IoT2040. Esto asegura acceso a recursos y soporte específicos para la configuración y utilización del sistema, como se muestra en la figura 62.

Figura 62.

Foro de siemens



Nota. Se observa la página de Siemens.

Luego, se descargó la imagen desde la página web de Siemens, eligiendo el archivo "IOT2040_Example_Image_V3.1.17.zip (639,4 MB) (SHA-256)", como se muestra en la figura 63.

Figura 63.

Imagen de la IOT

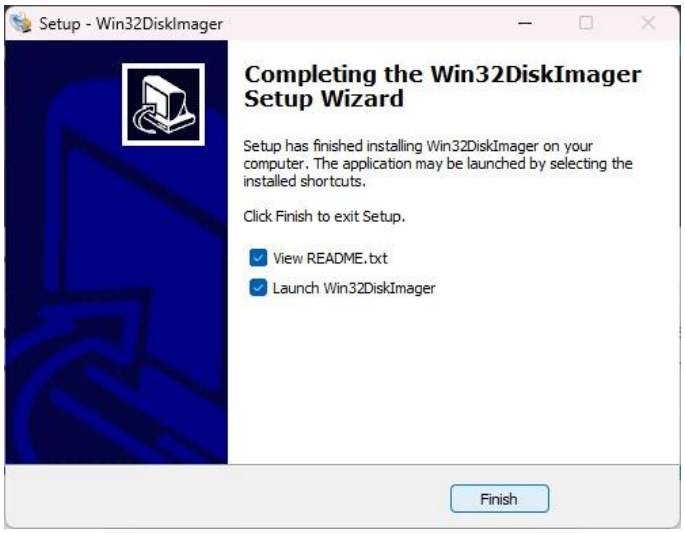
Nota. Se observa la imagen a descargar en la página.

5.5.2 Descarga de DiskImager e instalación de la imagen en una tarjeta.

Una vez descargada la imagen en la PC, se procede a instalar una tarjeta de memoria, que luego se insertará en el IOT2040. Para llevar a cabo la instalación, se requiere el programa Win32DiskImager, como se muestra en la figura 64.

Figura 64.

Win32DiskImager

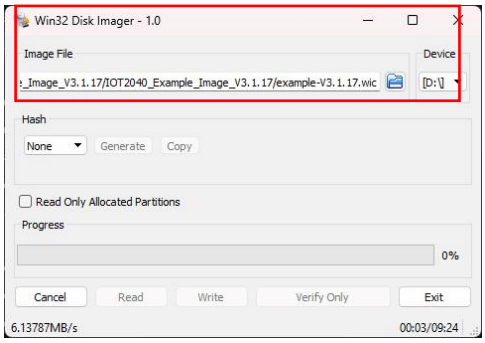


Nota. Se realiza la descarga del Win32DiskImager.

Se prosiguió con la instalación de Win32DiskImager, seleccionando el archivo. wic de la imagen descargada, a continuación, se definió la unidad correspondiente a la tarjeta microSD y se escribió la imagen en la tarjeta, como se muestra en la figura 65.

Figura 65.

Ejemplo de imagen en descarga



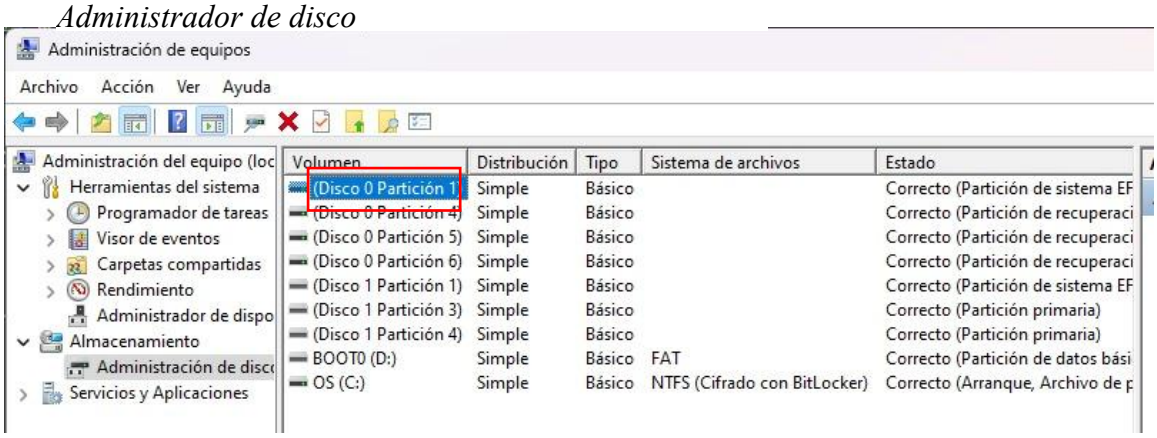
Nota. Se muestra el proceso de descarga para la imagen.

- Desde el escritorio, hacer clic derecho en Equipo.

- En el menú de la izquierda, dentro de Almacenamiento, hacer clic en la opción Administrador de discos, figura 66.

Figura 66.

Administrador de disco



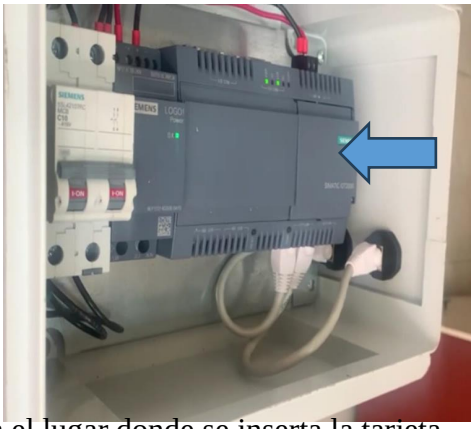
Nota. Se muestra el administrador de disco.

5.5.3 Inicio de Simatic IOT2040

Luego, se inserta la tarjeta en el SIMATIC IOT2040. Las imágenes siguientes ilustran los pasos a seguir para colocar la tarjeta correctamente en el dispositivo, como se muestra en la figura 67.

Figura 67.

Insertar tarjeta



Nota. Se muestra el lugar donde se inserta la tarjeta.

Una vez escrita la imagen, se puede observar que el nombre de la tarjeta ha cambiado y ahora contiene dos carpetas y un archivo, como se muestra en la figura 68.

Figura 68.

Nombre del archivo

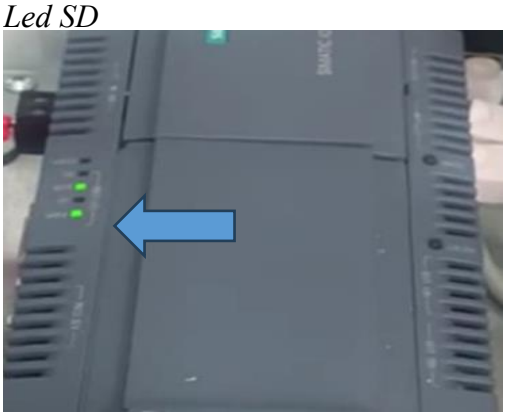
Nota. Se ilustra el nombre del archivo que se ha descargado.

Una vez colocada la tarjeta, se alimenta el dispositivo a través del puerto X80. El LED PWR se encenderá, indicando que el dispositivo está recibiendo energía y después de unos segundos, el LED USB se encenderá para señalar que el IOT ha iniciado. Posteriormente, el LED SD se iluminará y parpadeará o permanecerá fijo durante algunos

minutos, ya que el sistema está redimensionando la tarjeta microSD, como se muestra en la figura 69.

Figura 69.

Led SD



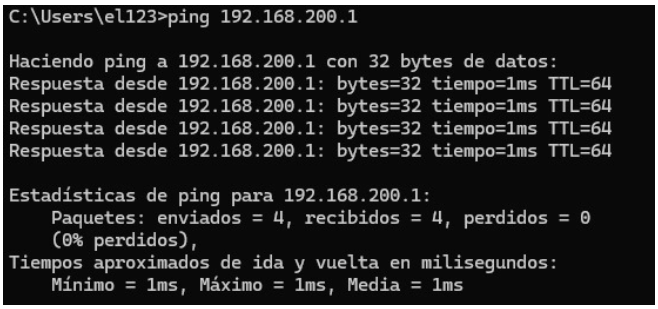
Nota. Se muestra el led SD.

5.5.4 Descarga de Putty e inicio de sesión en Simatic IOT2040.

Para acceder al dispositivo desde el PC, se usa la herramienta PuTTY, se conecta el cable Ethernet desde el puerto X1 del SIMATIC IOT2040 al PC, y el dispositivo tiene la IP predeterminada 192.168.200.1, el PC reconozca el dispositivo, debe estar en la misma red IP, figura 70.

Figura 70.

Putty Direcciones IP



```
C:\Users\el123>ping 192.168.200.1

Haciendo ping a 192.168.200.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.200.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.200.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.200.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.200.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.200.1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 1ms, Máximo = 1ms, Media = 1ms
```

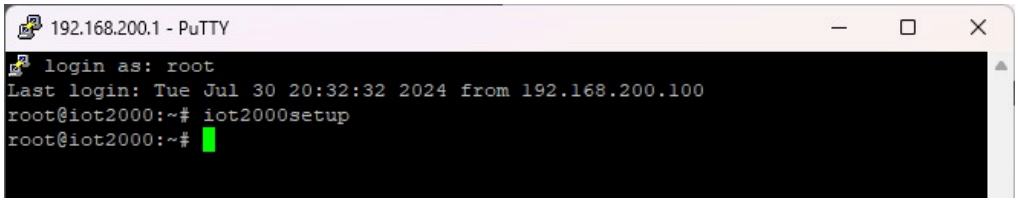
Nota. Se ilustra las direcciones IP y sus protocolos.

En un ajuste de la red del PC, se accedió al Panel de Control, se selecciona en Redes e Internet, donde luego Centro de redes y Recursos Compartidos; dar clic en Cambiar configuración del adaptador, con el botón derecho en Conexión de área local y seleccionar Propiedades, hacer clic en Protocolo de Internet versión 4 (TCP/IPv4) y luego en Propiedades y seleccionar Usar la siguiente dirección IP e introducir una dirección IP en el rango 192.168.200.1 – 192.168.200.254 con la máscara de subred 255.255.255.0

Para iniciar sesión como "root", no se ha configurado ninguna contraseña de acceso por defecto, por lo que se puede acceder directamente al terminal de Linux del dispositivo, como se muestra en la figura 71 y la figura 72.

Figura 71.

Configuración de acceso



Nota. Se observa la configuración de Linux.

Figura 72.

Imagen PUTTY

Nota. Se muestra el menú del Putty**.**

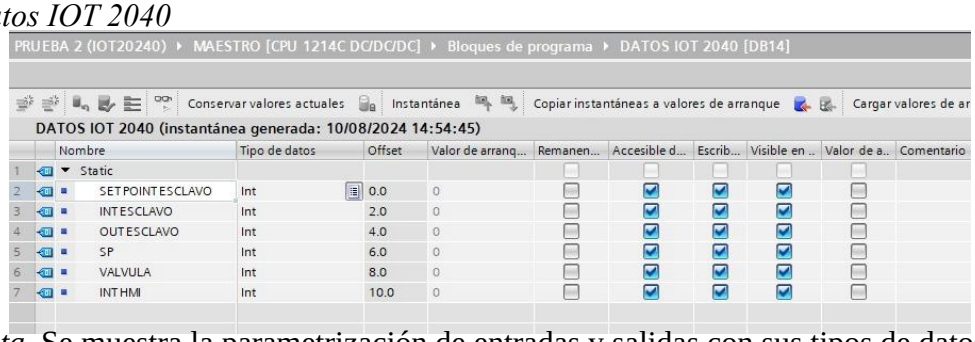
5.5.5 Configuración de node red

Dentro del PLC principal, se estructuró un bloque de datos de alcance global “DB global”, este elemento de programación proporciona una organización lógica y jerárquica para los datos que necesitan ser compartidos entre diferentes módulos o tareas del programa, facilitando así la lectura, escritura y modificación de dichos datos. Se procedió a la parametrización del sistema mediante la asignación de los valores correspondientes al setpoint, las variables de entrada y salida del dispositivo esclavo, así como las variables asociadas a la interfaz de usuario.

Estos datos, ingresados en el entorno de programación, configuraron el comportamiento del sistema y establecieron los límites operativos, figura 73.

Figura 73.

Datos IOT 2040

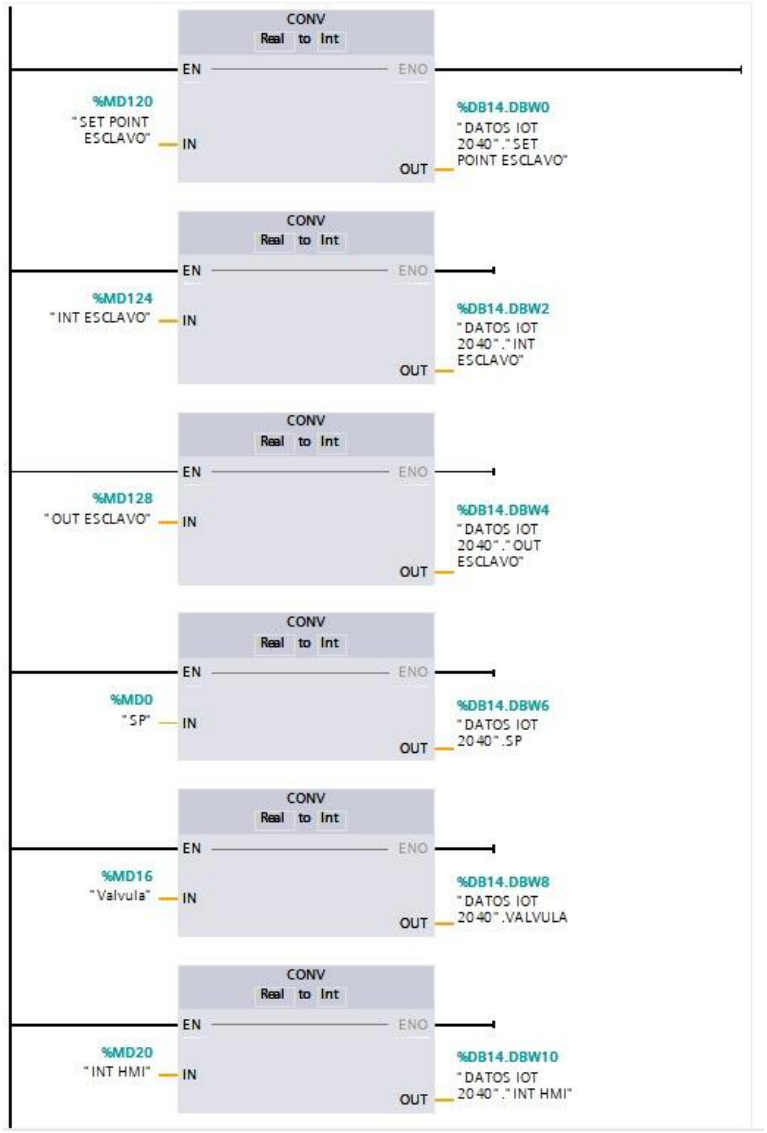


Nota. Se muestra la parametrización de entradas y salidas con sus tipos de datos.

Se integró un bloque CONV al sistema para convertir valores de real a entero, lo que permitió definir direcciones personalizadas en cada bloque, se ingresaron los valores de las entradas, como "SET POINT ESCLAVO", "INT ESCLAVO" y "OUT ESCLAVO", para realizar la conversión en las salidas de los datos en donde estos datos convertidos se utilizarán como referencia en el software de programación Node-RED, figura 74.

Figura 74.

Bloque CONV



Nota. Se muestra los bloques de conversión para la configuración al node red.

Para comenzar la configuración, se abrirá la línea de comandos y se escribirá "node-red", lo que iniciará la aplicación de configuración, figura 75.

Figura 75.

CMD del Node- Red

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.

Microsoft Windows [Versión 10.0.22631.4037]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\el123>ping 172.18.179.175

Haciendo ping a 172.18.179.175 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 172.18.179.175: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 172.18.179.175: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 172.18.179.175: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 172.18.179.175: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64

Estadísticas de ping para 172.18.179.175:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 1ms, Máximo = 1ms, Media = 1ms

C:\Users\el123>
```

Nota. Se muestra observa el inicio de la proporción del node red.

Mediante la introducción de la dirección web, el usuario inicia una solicitud al servidor para obtener los recursos necesarios y mostrar la página web correspondiente, como se observa en las figuras 76 y 77.

Figura 76.

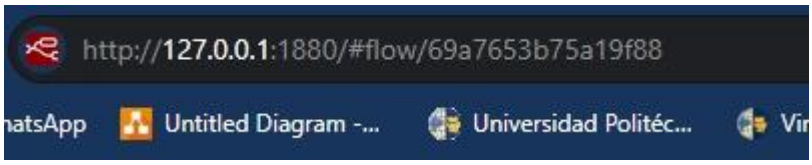
Server Node red

```
15 Aug 20:44:11 - [info] Server now running at http://127.0.0.1:1880/
```

Nota. Se muestra la dirección para poder realizar el node red.

Figura 77.

Página web node red

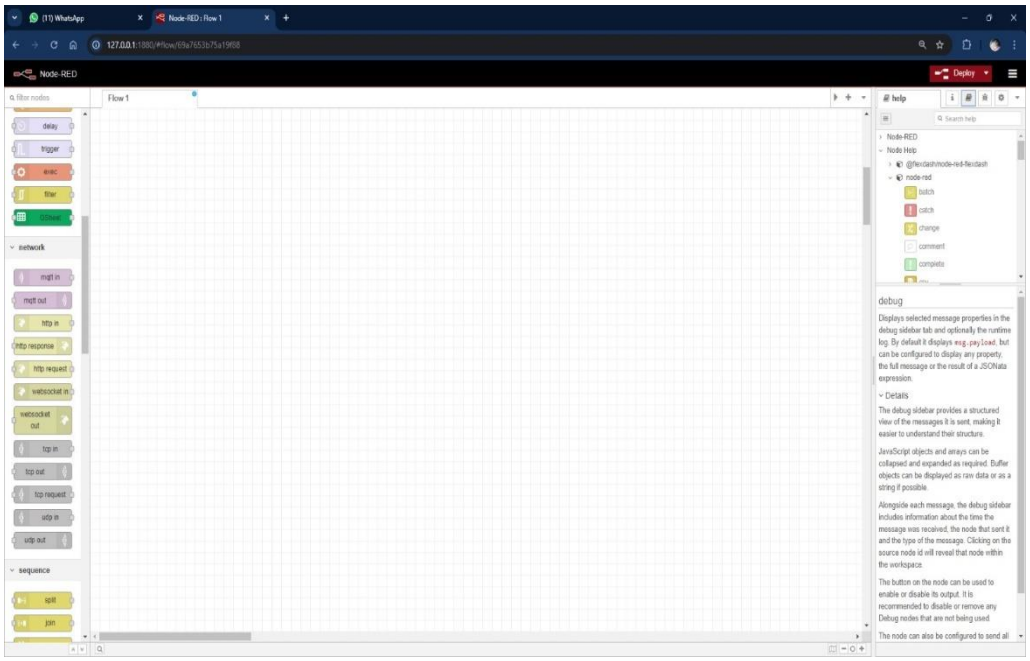


Nota. Se muestra la página web para poder realizar el node red.

Una vez introducida la URL en el navegador, se inicia la aplicación Node-RED, permitiendo visualizar de manera gráfica todos los nodos y flujos configurados previamente para la ejecución de la tarea, figura 78.

Figura 78.

Página de la Node Red



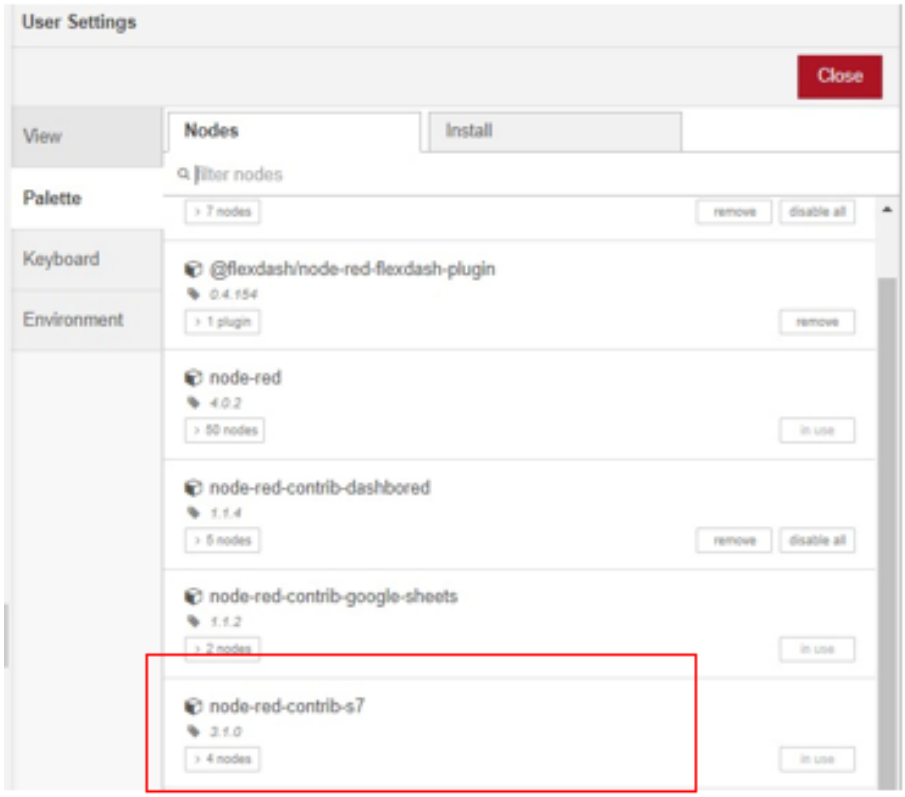
Nota. Se muestra el menú del node red.

5.5.6 Integración con el flujo de Node-RED

Para extender las capacidades de Node-RED y permitir la interacción con sistemas PLC S7, se descargó la librería complementaria “NODE-RED-CONTRIB-S7”, esta biblioteca de terceros proporciona los nodos y funciones necesarios para establecer una comunicación efectiva con los autómatas programables Siemens, facilitando así la integración de estos dispositivos en los flujos de trabajo automatizados de Node-RED, figura 79.

Figura 79.

Ajuste de Usuario



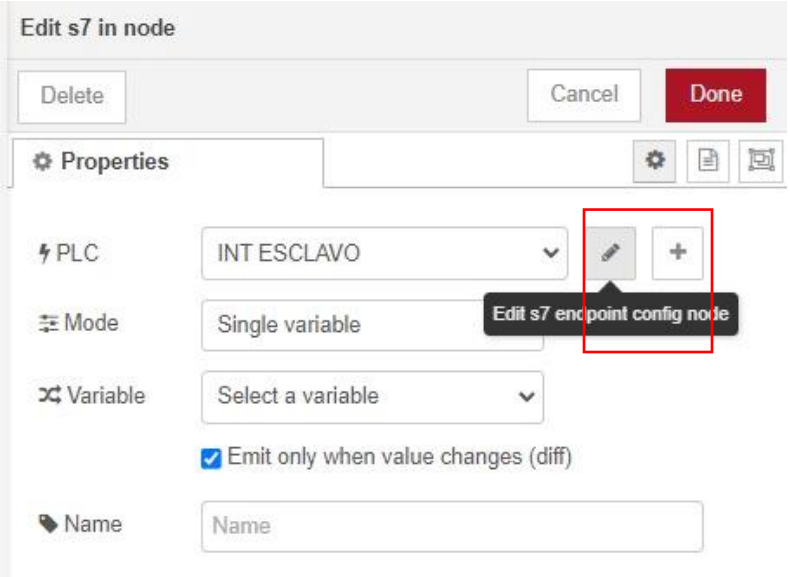
Nota. Se muestra la librería del s7.

5.5.7 Configuración del node de red

Al hacer clic en el elemento, se desplegará una nueva ventana o panel de configuración que permitirá al usuario personalizar los parámetros del sistema. En esta interfaz, se debe hacer clic en el ícono del lápiz para editar el "S7 IN", figura 80.

Figura 80.

Propiedades del S7



Nota. Se muestra el modo y las variables del s7.

Aparecerán campos de texto editables para modificar el nombre asignado, así como un menú desplegable o lista de opciones para seleccionar el modo de operación deseado.

Se reubicará en una sección de configuración de conexión a la red para permitir al usuario especificar manualmente la dirección IP del servidor Node-RED. Además, se incluirá un campo para ajustar el intervalo de tiempo entre cada solicitud de datos, lo que permitirá aumentar la frecuencia de recopilación de información, figura 81.

Figura 81.

Parámetros del S7

Nota. Se muestra la configuración y sus parámetros del S7.

En la sección de configuración de la instrucción de envío de datos del TIA Portal, se asignará la variable de salida "Valor_a_enviar" para determinar el contenido del mensaje a transmitir, utilizando los tipos de datos con “DB57,WORD4”.

En esta sección, se utilizó el bloque S7 IN para establecer una conexión entre la variable del PLC y el sistema Node-RED. El bloque S7 IN permite la comunicación entre el PLC (Programmable Logic Controller) y Node-RED, este bloque facilita la lectura de datos desde el PLC y su transferencia a Node-RED, lo que permite la integración y el monitoreo en un tiempo real de las variables del PLC en el entorno de Node-RED, figura 82.

Figura 82.

Diagrama del S7

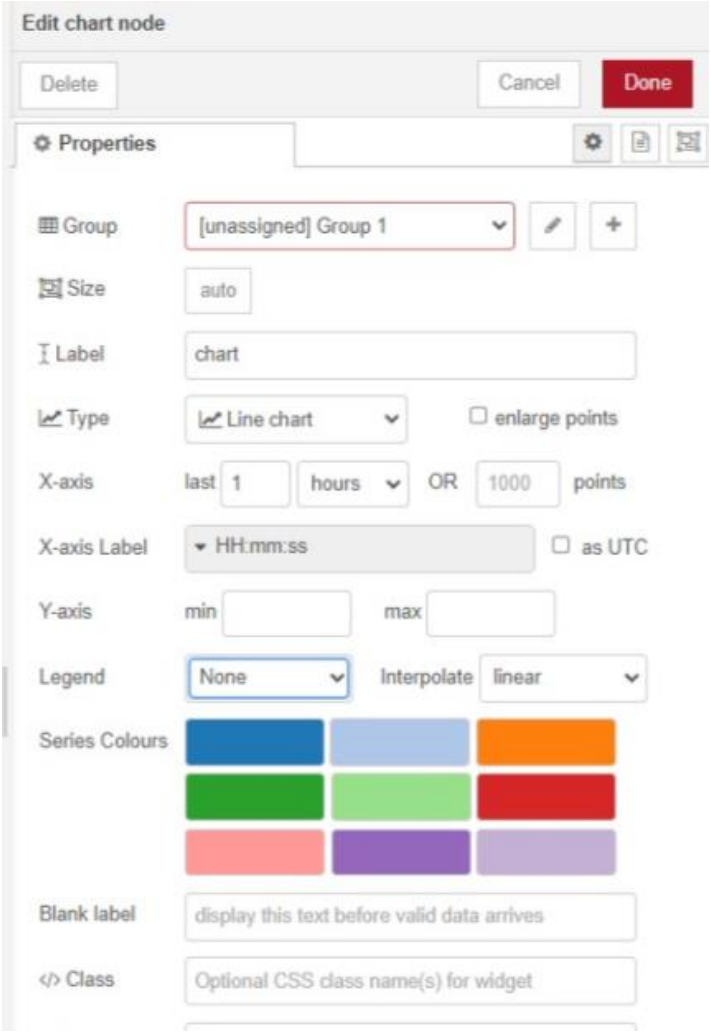
Nota. Se usa el S7 en donde la variable del PLC se va a conectar con el NODE-RED

5.5.8 Configuracion de Edit Chart Node

En esta sección, se utilizó la configuración de Edit Chart Node / Propiedades para ajustar las opciones del nodo de gráfico en Node-RED. En esta ventana, se accedió a un modo de edición que permitió seleccionar entre diferentes modelos de gráficos disponibles. Esta configuración facilitó la personalización de la visualización de datos en gráficos, eligiendo el tipo de gráfico que mejor se adaptara a las necesidades del usuario y a la información que se deseaba mostrar, figura 83.

Figura 83.

Edit Chart Node



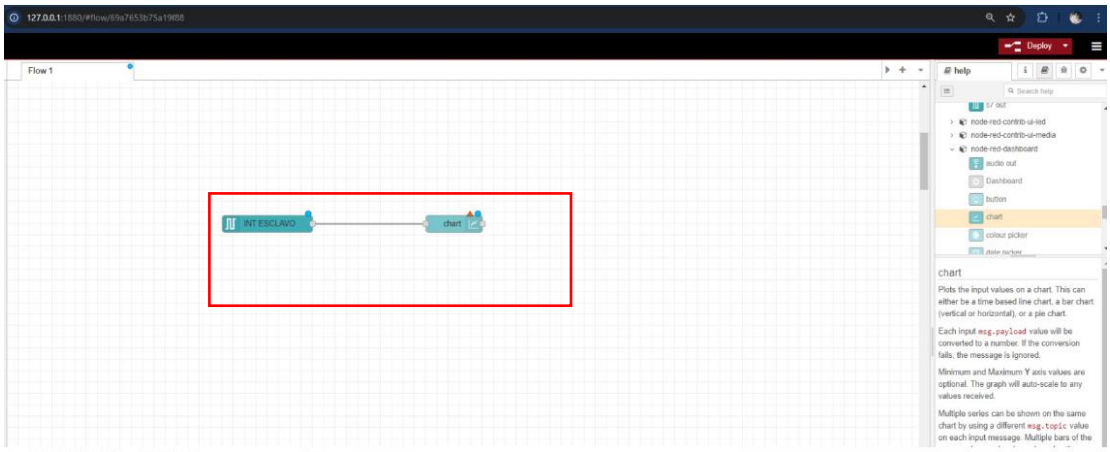
Nota. Se desprende un modo edicion donde se podra elegir los diversos modelos

5.5.9 Vinculación de los bloques

Una vez realizado la configuracion y los ajuste necesario de cada bloque para el correcto funcionamiento del programación se conecta y se procede a compilar, figura 84.

Figura 84.

Vinculación

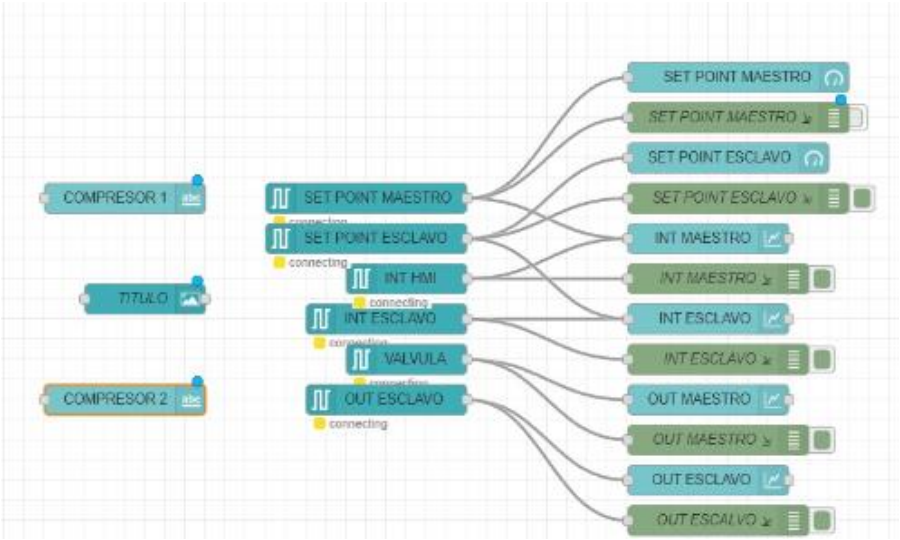


Nota. Vinculación entre Int Esclavo y Chart

Por consiguiente, se realiza los mismo pasos anteriormente mencionado para cada variable que se usar en este programacion para poder hacer el correcto funcionamiento y enviar los datos al Dashboard, como se observa en la figura 85 de como serian las demas variables conectadas.

Figura 85.

Conexion de las variables

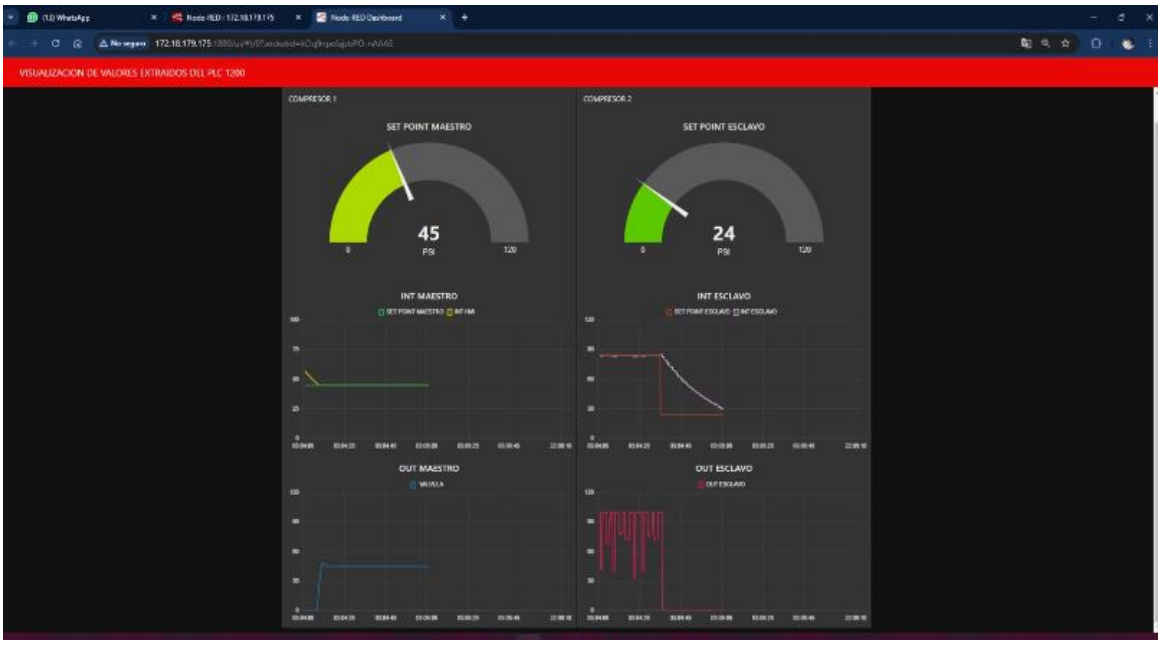


Nota. Se muestra las conexiones de los bloques para el node red.

En el dashboard, como se muestra en la figura 75, se visualizaron todas las variables seleccionadas del PLC 1200. En este dashboard, se destacaron dos parámetros clave, el setpoint del INT maestro, configurado en 45 psi, y el setpoint del INT esclavo, establecido en 24 psi y estos valores representan los puntos de ajuste para dos componentes diferentes del sistema, permitiendo monitorear y ajustar los niveles de presión en el PLC, como se ilustra en las figuras 86, 87 y 88.

Figura 86.

Dashboard



Nota. Variables seleccionadas en el PLC.

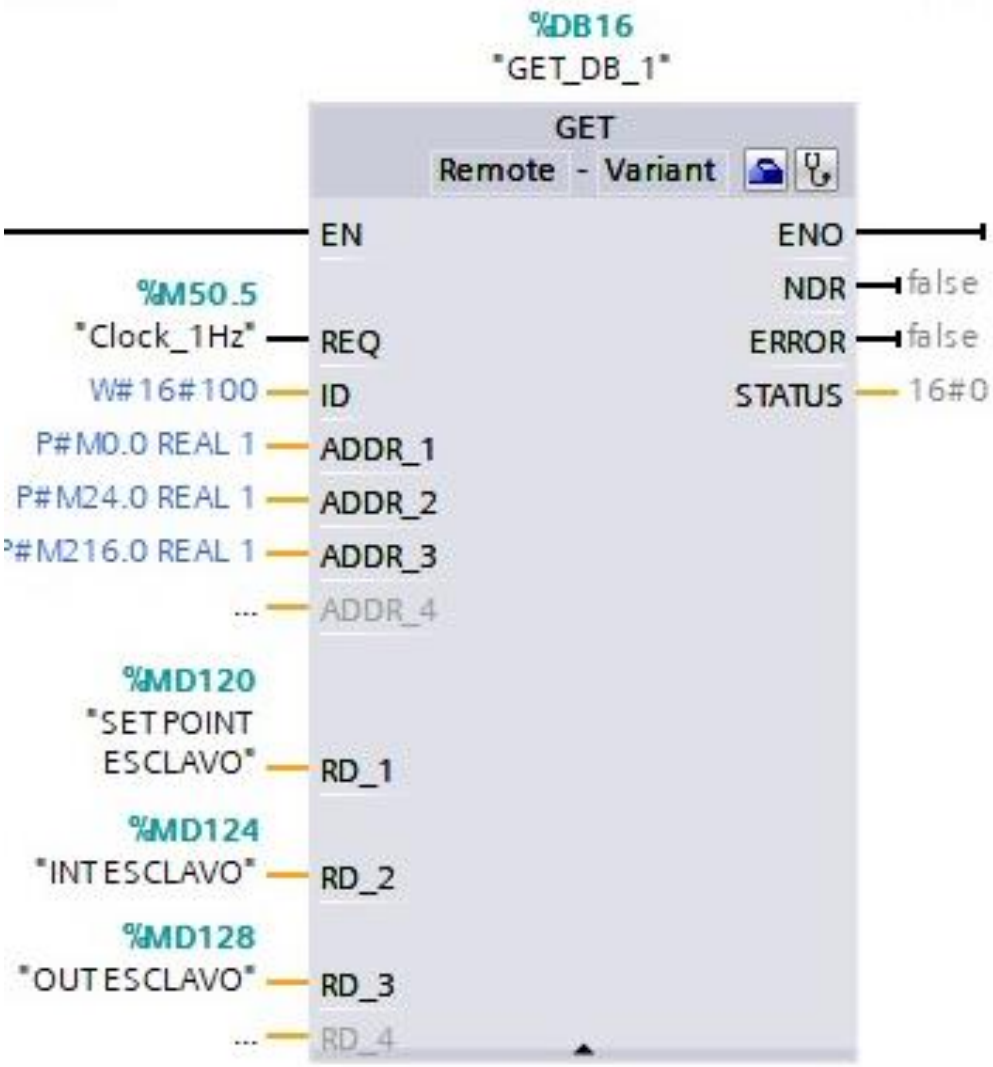
Figura 87.

Bloque s7 in

Nota. Se muestra la variable S7 in.

Figura 88.

Bloque Get



Nota. Se observa variables y direcciones del bloque GET.

VI. RESULTADOS

6.1 Realización del proyecto TIA Portal para el sistema de compresores

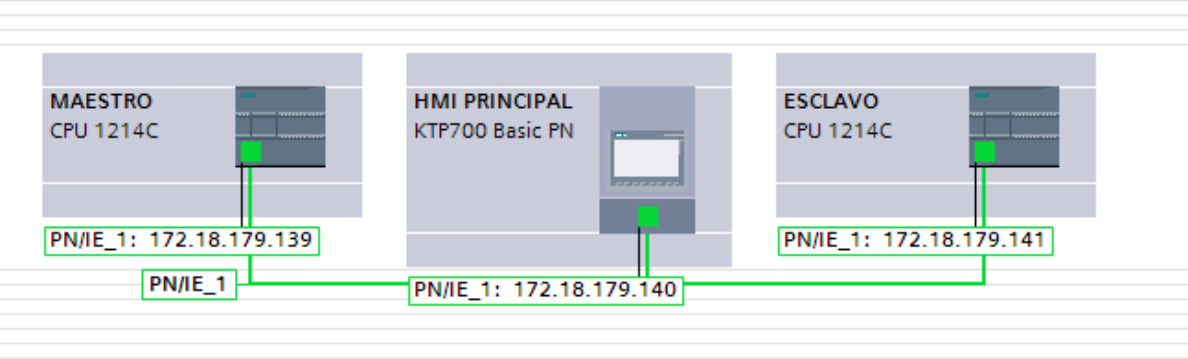
6.1.1 Resultado de la configuración del maestro-esclavo

Una vez realizado la configuración maestro-esclavo en PLC's ofrece ventajas significativas, como una gestión de tareas al centralizar el control en un dispositivo maestro. Además, permite una escalabilidad sencilla al agregar nuevos esclavos sin modificar la lógica del maestro.

En esta sección se visualizó la comunicación entre los PLC para esto se obtuvo que configurar a cada PLC la dirección IP donde esta consta de los 3 primeros octetos como se observa en la figura 89.

Figura 89.

Resultado de la configuración de IP de los dispositivos.

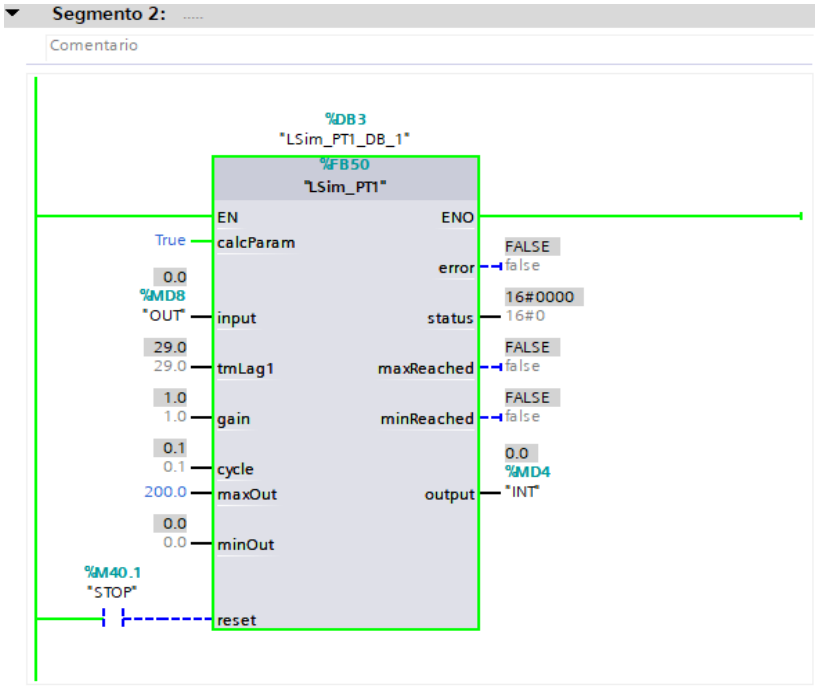


Nota. Se muestra el resultado de la conexión profinet entre los PLC.

Se agrego el bloque del LSIM para la integración de una planta simulada facilitando la obtención de datos que se usó en el bloque PID COMPACT donde se simulo el proceso de presión continua figura 90 y 91.

Figura 90.

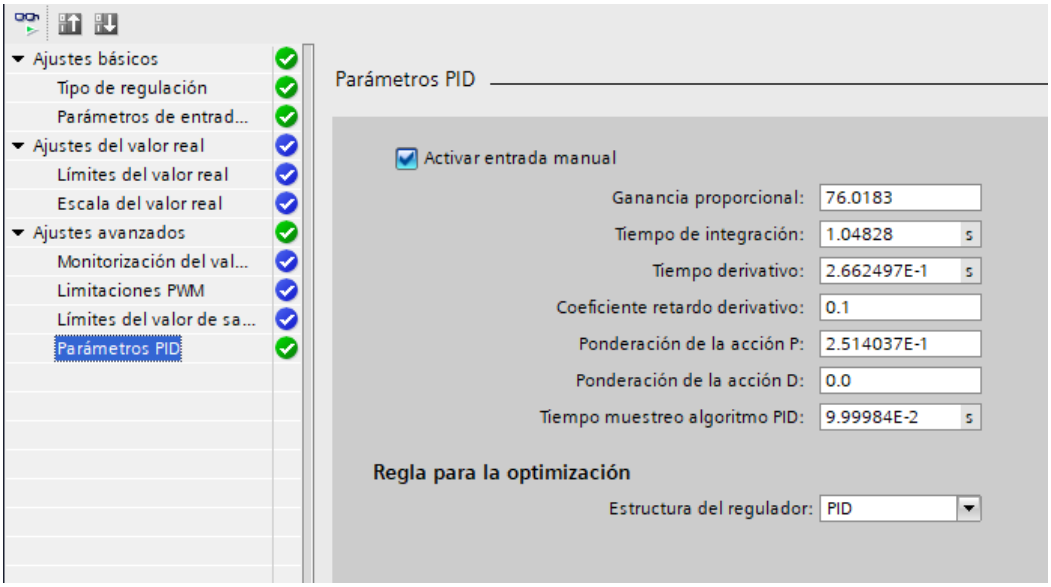
Resultado del LSIM



Nota. Se muestra el resultado de las entradas y salidas del bloque.

Figura 91.

Parámetros del PID



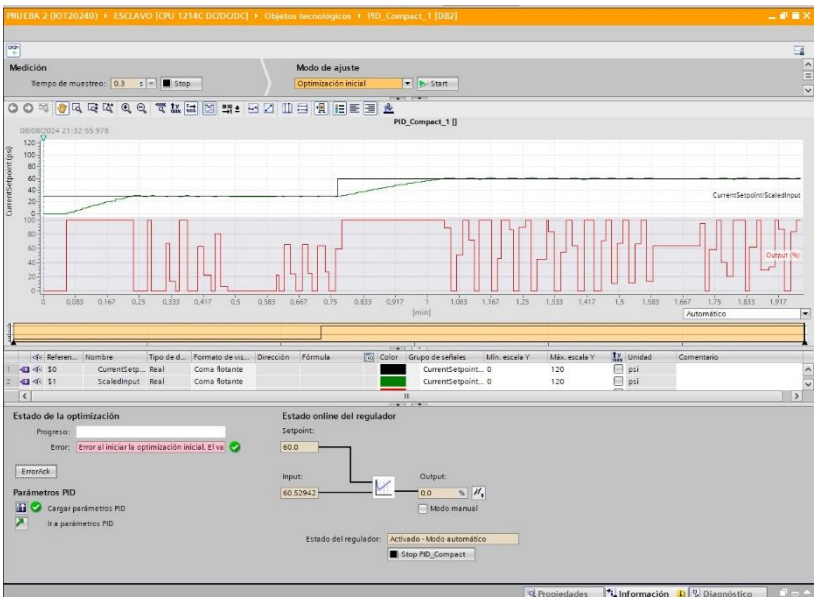
Nota. Se muestra el resultado de los parámetros del PID.

6.1.2 Funcionamiento del PID

Cuando se introduce un nuevo valor deseado, el sistema tarda unos 10 segundos en ajustarse y mantenerse en ese punto, gracias a la acción del controlador PID, figura 92.

Figura 92.

Gráfica del PID



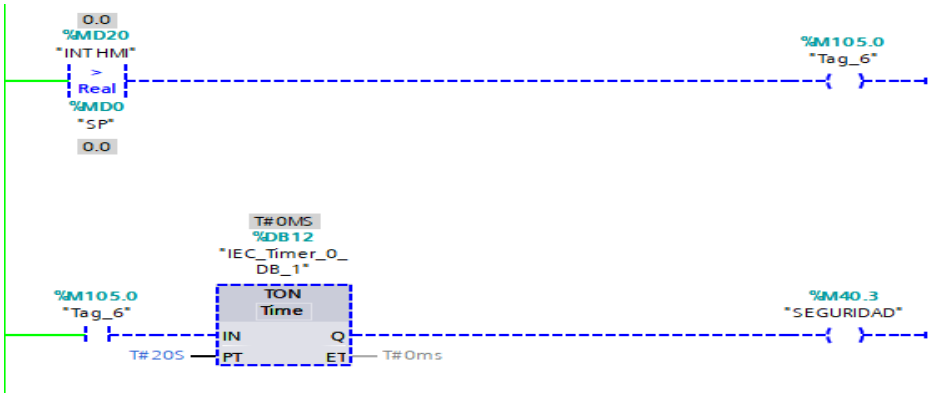
Nota. Se muestra el resultado de la gráfica del PID.

6.1.3 Sistema de seguridad

Se creo un bloque DB con un sistema de seguridad donde indico que cuando la Presión pasa el valor del SET POINT durante 20 segundos manda a abrir el circuito, figura 93.

Figura 93.

Programa de bloques del sistema de seguridad



Nota. Se muestra el resultado de la programación de bloques del sistema de seguridad.

6.2. Realización de la interfaz HMI

6.2.1 Resultado del programa de los compresores

Una vez cargado correctamente el programa, se procedió a establecer el setpoint, que en este caso era de 80 psi para el primer compresor, tras alcanzar el valor deseado, se observó la gráfica del PID en acción, figura 94 y esta gráfica ilustra cómo el PID ajusta el control para mantener el setpoint establecido.

Figura 94.

Resultado del HMI con setpoint

Nota. Se muestra el resultado de los setpoint a 80 PSI.

6.2.2 Resultado de etapa de selección

Se logró una etapa de selección en la que el usuario tenía acceso directo a cuatro procesos distintos, cada uno a través de su respectiva ventana, la estructura no solo facilitó la elección y gestión de los procesos, sino que también aseguró una navegación fluida, figura 95.

Figura 95.

Etapa de selección

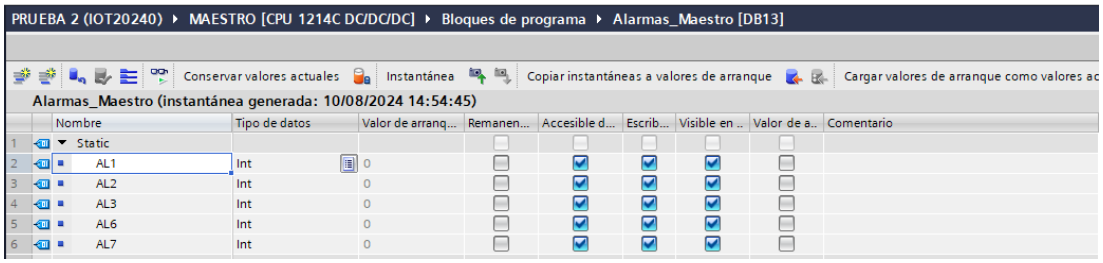
Nota. Se observa el resultado de la etapa de selección.

6.2.3 Sistema de alarmas

En la figura 96 y 97 se creó un bloque DB con un sistema de alarma donde indico al usuario las acciones que están realizando el sistema, donde se agregó alarmas, advertencia, prendido y encendido de los compresores tanto como el PLC maestro como en el PLC esclavo, todo esto se visualiza en el HMI.

Figura 96.

Bloque DB Maestro



Nota. Se observa el resultado de los bloques del sistema de alarmas del Maestro.

Figura 97.

Bloque DB del esclavo

Alarmas_Esclavo

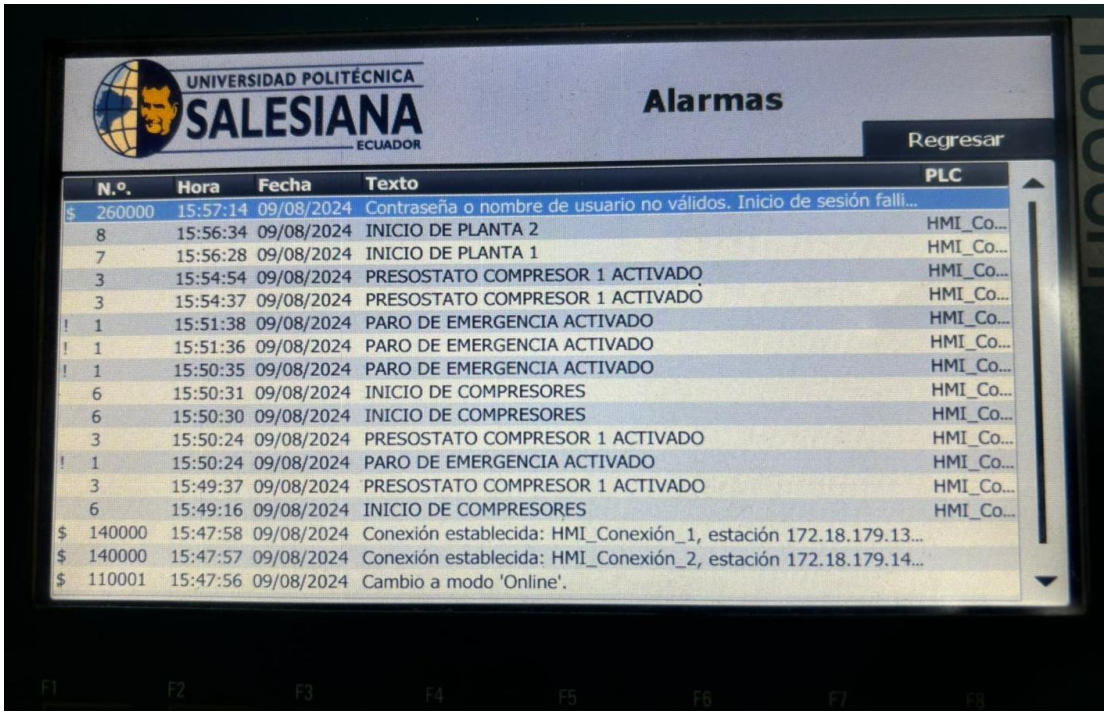
	Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ..	Valor de a..	Comentario
1	Static								
2	AL4	Int	0		☑	☑	☑		
3	AL5	Int	0		☑	☑	☑		

Nota. Se observa el resultado de las variables del sistema de alarmas del esclavo.

Se visualiza un sistema de alarmas que indica qué medidas de seguridad o mensajes proporciona el programa, estas alertas mantienen al usuario informado y en comunicación con el sistema, asegurando que cualquier situación relevante sea notificada y esto permite tomar acciones adecuadas basadas en las notificaciones recibidas, figura 98.

Figura 98.

Resultado del sistema de alarmas



	N.º.	Hora	Fecha	Texto	PLC
$	260000	15:57:14	09/08/2024	Contraseña o nombre de usuario no válidos. Inicio de sesión falli...	
	8	15:56:34	09/08/2024	INICIO DE PLANTA 2	HMI_Co...
	7	15:56:28	09/08/2024	INICIO DE PLANTA 1	HMI_Co...
	3	15:54:54	09/08/2024	PRESOSTATO COMPRESOR 1 ACTIVADO	HMI_Co...
	3	15:54:37	09/08/2024	PRESOSTATO COMPRESOR 1 ACTIVADO	HMI_Co...
!	1	15:51:38	09/08/2024	PARO DE EMERGENCIA ACTIVADO	HMI_Co...
!	1	15:51:36	09/08/2024	PARO DE EMERGENCIA ACTIVADO	HMI_Co...
!	1	15:50:35	09/08/2024	PARO DE EMERGENCIA ACTIVADO	HMI_Co...
	6	15:50:31	09/08/2024	INICIO DE COMPRESORES	HMI_Co...
	6	15:50:30	09/08/2024	INICIO DE COMPRESORES	HMI_Co...
	3	15:50:24	09/08/2024	PRESOSTATO COMPRESOR 1 ACTIVADO	HMI_Co...
!	1	15:50:24	09/08/2024	PARO DE EMERGENCIA ACTIVADO	HMI_Co...
	3	15:49:37	09/08/2024	PRESOSTATO COMPRESOR 1 ACTIVADO	HMI_Co...
	6	15:49:16	09/08/2024	INICIO DE COMPRESORES	HMI_Co...
$	140000	15:47:58	09/08/2024	Conexión establecida: HMI_Conexión_1, estación 172.18.179.13...	
$	140000	15:47:57	09/08/2024	Conexión establecida: HMI_Conexión_2, estación 172.18.179.14...	
$	110001	15:47:56	09/08/2024	Cambio a modo 'Online'.	

Nota. Se observa las alarmas generadas del programa.

6.2.4 Resultado del tanque pulmón

En esta ventana del tanque pulmón, se puede visualizar cómo se refleja el tanque en relación con el setpoint de 80 psi que se estableció al inicio, la interfaz muestra claramente el nivel de presión alcanzado en el tanque, permitiendo al usuario verificar que el sistema está manteniendo el setpoint configurado, figura 99.

Figura 99.

Resultado Tanque Pulmón

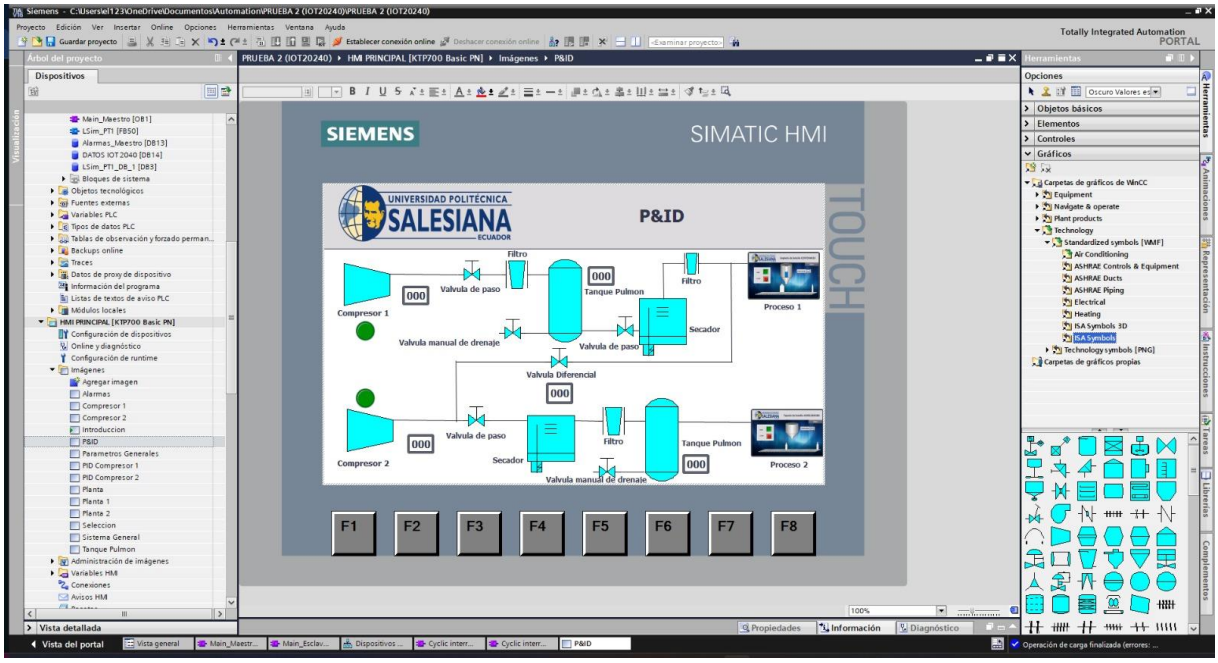
Nota. Se observa la interfaz del tanque pulmón con su respetiva función.

6.2.5 Resultado fluctuaciones del aire

En esta sección se muestra los resultados de un sistema de control de presión constante, al mantener una presión estable en un sistema, reduce significativamente las fluctuaciones de aire. Esta estabilidad previene interrupciones en los procesos que son sensibles a variaciones de presión, figura 100.

Figura 100.

Resultado del circuito de sistema de compresores



Nota. Se muestra el flujo del aire de los compresores.

6.3 Realización de la integración de la IOT2040

6.3.1 Envió de datos al IOT2040

Se creo un bloque DB donde se envió los datos del PLC tanto maestro como esclavo al node-red, figura 101.

Figura 101.

Datos IOT 2040

PRUEBA 2 (IOT20240) ▸ MAESTRO [CPU 1214C DC/DC/DC] ▸ Bloques de programa ▸ DATOS IOT 2040 [DB14]

Conservar valores actuales | Instantánea | Copiar instantáneas a valores de arranque | Cargar

DATOS IOT 2040 (instantánea generada: 10/08/2024 14:54:45)

	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ..	Valor de a..
1	Static								
2	SETPOINTESCLAVO	Int	0.0	0		☑	☑	☑	
3	INTESCLAVO	Int	2.0	0		☑	☑	☑	
4	OUTESCLAVO	Int	4.0	0		☑	☑	☑	
5	SP	Int	6.0	0		☑	☑	☑	
6	VALVULA	Int	8.0	0		☑	☑	☑	
7	INTHMI	Int	10.0	0		☑	☑	☑	
8	BOTELLAS PLANTA 1	Int	12.0	0		☑	☑	☑	
9	BOTELLAS PLANTA 2	Int	14.0	0		☑	☑	☑	

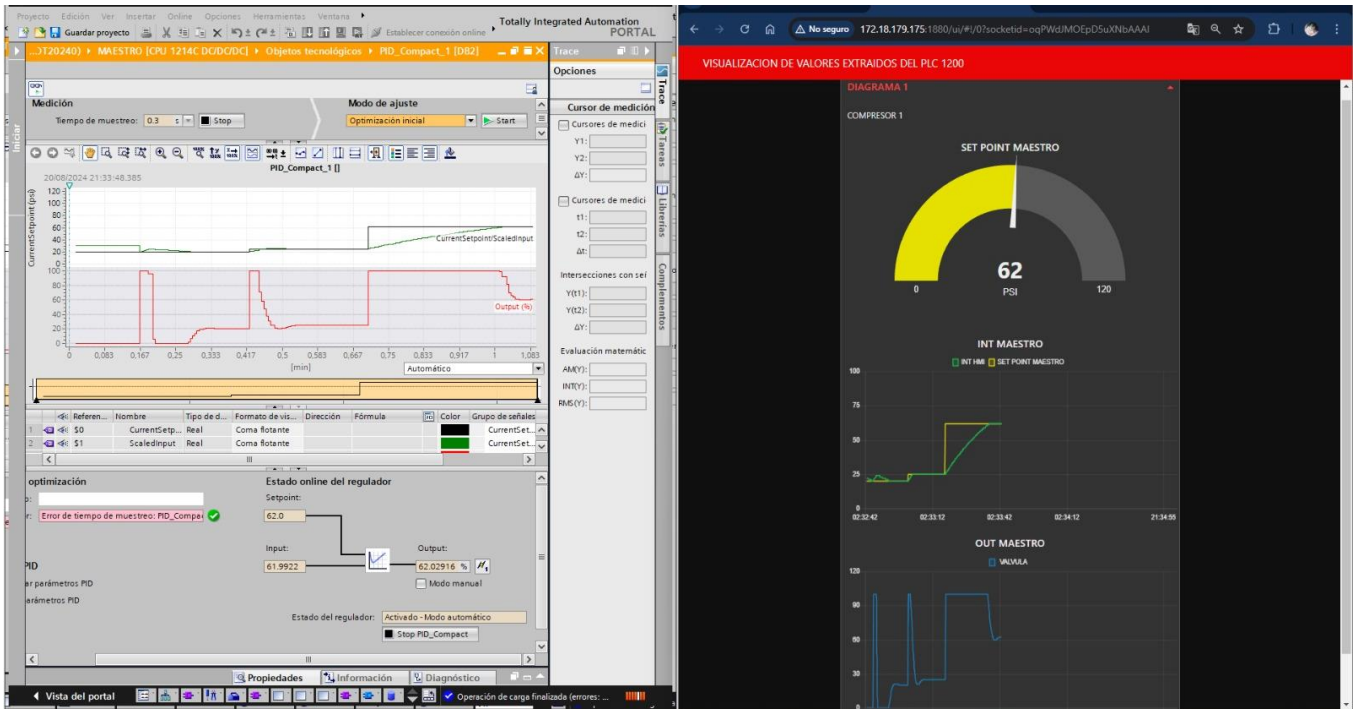
Nota. Se muestra los datos de la IO2040 del maestro

6.3.2 Resultado del dashboard

Se observa la variación de los datos enviados, en esta ocasión se realiza el set point, el valor mínimo es 0 Psi y el máximo en 120 PSI, Por último, se visualiza la variación de los datos enviados, se ha enviado un valor de 62 PSI para poder visualizar la gráfica, se visualiza en ambas plataformas como en el camino el setpoint se va acercando a los 62 PSI y se va a estabilizando cuando llega el valor que se ha colocado en la interfaz, como se muestra en la figura 102.

Figura 102.

Comparación de Valores



Nota. Visualización de las señales del setpoint en el Tia Portal y la Dashboard

6.3.3 Resultado del paro de emergencia

En esta siguiente prueba, cuando se utiliza el sistema y se activa un paro de emergencia, la presión desciende rápidamente, por aquello se visualiza ese pico en la figura 103, una vez que se desactiva el paro de emergencia, la presión vuelve a subir de inmediato, este comportamiento genera un pequeño margen de error, dado que el sistema está configurado para que, al activarse un paro de emergencia, se restablezca tanto la librería como el valor del PID y durante el registro de datos en tiempo real, al activarse el paro de emergencia, el valor del PID se reinicia a cero debido a la pérdida de comunicación y al reseteo completo del sistema, al desactivarse el paro, el sistema se reinicia y, junto con ello, la válvula, controlada por el punto de control establecido, actúa para estabilizar la presión en el punto deseado, el cual sería en el setpoint de 80 PSI, figura 104.

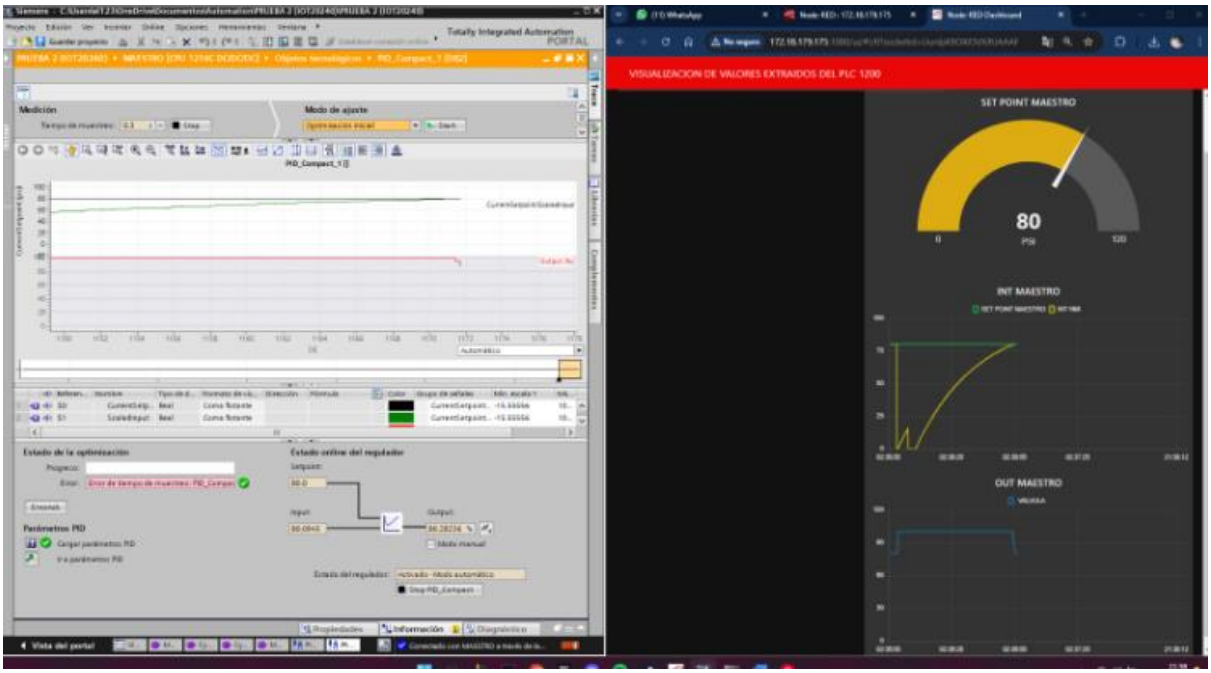
Figura 103.

Diseño del Dashborad

Nota. Se muestra los resultados de las gráficas de los datos que recibe del setpoint.

Figura 104.

Prueba del paro de emergencia



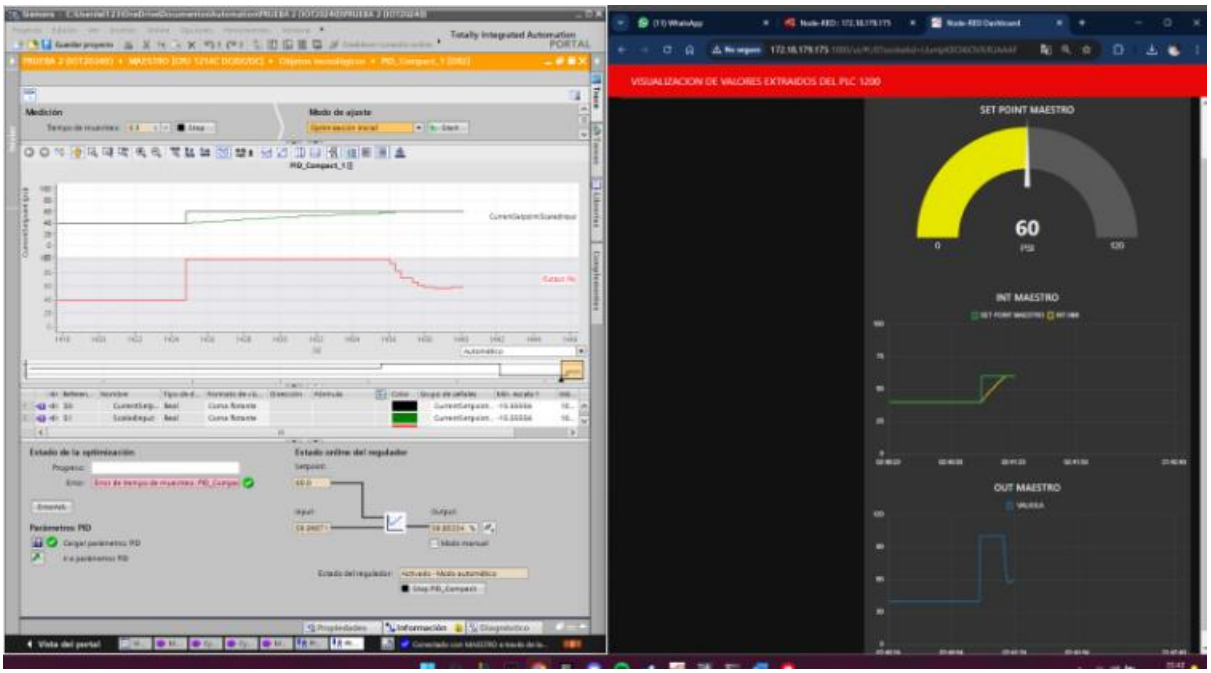
Nota. Prueba del paro de emergencia en el setpoint 80 PSI (presión).

6.3.4 Resultado del setpoint Maestro

En este caso, se observa cómo el usuario, al interactuar con el HMI, introdujo un valor del setpoint sobre 60 PSI, tanto en el PID Compact como en el Dashboard de Node Red, la curva de respuesta es idéntica en ambas partes, mostrando que el sistema mantiene su estabilidad durante el periodo en que se aplican los setpoint, el cual duro entre 3 segundos al llegar a establecerse, esto indica que el sistema es estable cuando se le agregan diferentes valores de setpoint, ya sean superiores o inferiores al valor inicial, figura 105.

Figura 105.

Prueba de analisis



Nota. Prueba del Tia Portal con la Dashboard en el setpoint de 60 PSI(presión).

La implementación de un sistema de presión continua puede reducir las interrupciones en los diferentes procesos, aunque esta interrupción depende de diversos factores como la naturalidad del proceso o el diseño del sistema.

Tener un sistema de presión continua están diseñado para que la presión del sistema se mantenga estable al valor deseado, evitando que el proceso se interrupta. Sin embargo, los descansos que siempre se reducen al 50% son una generalización y pueden no ser siempre válidos en todas las situaciones.

Los ataques cibernéticos dependen de factores que pueden influir en el proceso como un software desactualizado donde se genera la vulnerabilidad del equipo, tambien los errores de configuración como contraseñas débiles o servicios no protegidos. Existe Tambien la

intervención humana que pueden revelar información confidencial o descarga de archivos maliciosos.

En caso de que el sistema pierda el acceso a Internet, es completamente posible almacenar los datos localmente en una base de datos utilizando el módulo SIEMENS IOT2040. Este dispositivo está diseñado para ofrecer una gran flexibilidad y capacidad de adaptación en entornos industriales, permitiendo la operación autónoma incluso en situaciones en las que la conectividad a la red se vea interrumpida.

VII. CRONOGRAMA

Se muestra en la tabla 1, el plan abarca un periodo de 12 semanas, tomando en cuenta desde mayo hasta julio del periodo académico 64.

Tabla 1.

Cronograma de actividades para el desarrollo del Proyecto de Titulación.

Actividades	***Tiempo de duración***											
	Meses	*MAYO*				*JUNIO*				*JULIO*		
	Semanas	*1*	*2*	*3*	*4*	*1*	*2*	*3*	*4*	*1*	*2*	*3*
Investigación sobre el tema de compresores y el funcionamiento de la IOT2040		*X*										
Compra de materiales				*X*	*X*							
Ajuste de los componentes					*X*	*X*						
Programación del sistema							*X*					
Creación de la interfaz en HDMI								*X*				
Visualización del monitoreo del sistema									*X*	*X*		
Pruebas de la planta con la interfaz										*X*	*X*	
Identificación y solución de los errores											*X*	*X*
Presentación de proyecto												

El propósito de este plan de trabajo es orientar y organizar el avance del proyecto a través de sus diversas etapas y se prevé que, siguiendo este plan, todas las actividades y fases del proyecto se completen los plazos establecidos.

VIII. PRESUPUESTO

Teniendo en cuenta que el proyecto se llevará a cabo utilizando varios componentes ya disponibles en la universidad y dentro del presupuesto asignado, se detalla en la tabla 2, su valor estimado es de $186,51.

Tabla 2.

Presupuesto estimado para la realización del Proyecto de Titulación

DETALLE	*CANTIDAD*	*COSTO UNITARIO*	*COSTO TOTAL*
HORAS DE INGENIERIA	***40h***	***$2,81***	***$112,00***
GABINETE LIVIANO 30CMX20CMX15CM	***1 unidad***	***$30,00***	***$30,00***
RJ45 CAT-6 ETHERNET PATCH CABLE DE INTERNET-10 PIES (3 METROS)	***1 unidad***	***$6,72***	***$6,72***
CHINT NXB-63H BREAKER RIEL 10KA 1 POLO 10/32/40 AMP	***1 unidad***	***$6,39***	***$6,39***
Riel DIN 35mm Acero Perforado en 5mm (1MT)	***1 metro***	***$1,00***	***$1,00***
ACOPLADORES RJ45 HEMBRA A HEMBRA (PAQUETE DE 8 UNIDADES)	***1 unidad***	***$5,40***	***$5,40***
FUENTE DE ALIMENTACION (24V 120W)	***1 unidad***	***$25,00***	***$25,00***
TOTAL			***$186,51***

IX. CONCLUSIONES

El diseño propuesto ofrece una adaptación a diferentes configuraciones de proceso y la incorporación de nuevas funcionalidades. La configuración maestro-esclavo proporciona la expansión del sistema y la integración de distintos tipos de sensores y actuadores, lo que lo convierte en una solución versátil para una amplia gama de aplicaciones industriales.

La visualización de los datos en tiempo real a través de la HMI ha sido clave para mejorar la comprensión del proceso y proporcionar la toma de decisiones. La representación gráfica de las variables de proceso, compuesta con alarmas visuales y auditivas, permite detectar y corregir desviaciones para la configuración, el monitoreo y el diagnóstico de los equipos.

La conectividad proporcionada por IoT2040 ha sido fundamental para la creación de un sistema de monitoreo remoto y accesible desde cualquier lugar. Esta capacidad nos permite ejecutar un seguimiento continuo del estado del sistema, identificar problemas de manera temprana y reconocer la continuidad de las operaciones.

X. RECOMENDACIONES

Antes de abordar la configuración avanzada de los PLC's, es fundamental que el estudiante comprenda a fondo los principios básicos del control de procesos. Un conocimiento sólido de los lazos de control, las válvulas de control y los sensores le permitirá tomar decisiones técnicas más acertadas.

Es fundamental garantizar la relación de la interfaz con el PLC y demás equipos del sistema. Esto implica comprobar los protocolos de comunicación y las opciones de configuración disponibles. Además, es necesario establecer contraseñas robustas y restringir el acceso a las funciones críticas para proteger la seguridad del sistema.

Se recomienda implementar estrategias de mantenimiento predictivo utilizando los datos recopilados por el IoT2040 y los PLCs, esta práctica permitirá anticipar fallos y programar mantenimientos preventivos, reduciendo tiempos de inactividad y extendiendo la vida útil de los compresores.

XII BIBLIOGRAFÍA

Andreotti, J. I. (2015). *¿Qué es el BER (Bit Error Rate)?* Buenos Aires - Argentina: Magna Editores.

Antonio Ricardo Castro, R. J. (2015). *comunicaciones y redes para profesionales en sistemas de informacion*. Mexico DF: alfaomega.

Antonio Ricardo Castro, R. J. (2020). *comunicaciones y redes para profesionales en sistemas de informacion*. Mexico DF: alfaomega.

Arias, F. (2013). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*. Caracas: Editorial Episteme, C.A.

Arraño, H., & Azurdia, C. (2015). *OFDM: Hoy y en el futuro de las comunicaciones*. Santiago de Chile: XV Congreso Internacional de Telecomunicaciones SENACITEL.

aula21. (2023). Obtenido de https://www.cursosaula21.com/profinet-que-es-y-como-funciona/

automatizamos. (20 de mayo de 2024). Obtenido de https://www.automatizamos.co/blog/post/37/componentes-de-una-red-neumatica?page_type=post

bidigital. (2019). https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20316/1/CD%209784.pdf.

Cadena Iñiguez, P. (2017). Métodos cuantitativos, métodos cualitativos o su combinación en la investigación: un acercamiento en las ciencias sociales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1603-1617.

Carlson, A. B., Crilly, P. B., & Rutledge, J. C. (2015). *Communication Systems: An Introduction to Signals and Noise in Electrical Communication*. New York: McGraw-Hill Higher Education,.

ciudades del futuro. (20 de mayo de 2019). Obtenido de https://ciudadesdelfuturo.es/que-es-mindsphere-conoce-sistema-operativo-abierto-de-siemens.php

Domínguez, A. G. (2012). *calculo de antenas*. Alfaomega.

EIRL, E. T. (8 de enero de 2017). *Antena Parabolica banda C, Diametro de 2.40 mts*. Obtenido de http://www.telali.com.pe/antena-parabolica-banda-C-2-40-mts.html

El blog de alta definicion HD. (18 de abril de 2017). Obtenido de http://altadefinicionbd.blogspot.com/2017/04/movistar-y-el-negro-futuro-de-la-tv-por.html

elsevier. (diciembre de 2018). Obtenido de https://www.elsevier.es/es-revista-enfermeria-clinica-35-articulo-la-revision-sistematica-pluralidad-enfoques-S1130862118302201

Emilio Monachesi, A. M. (14 de marzo de 2011). conceptos generales de antenas. Obtenido de www.edutecne.utn.edu.ar/wlan_frt/antenas.pdf

energia argentina. (2023). Obtenido de https://www.energia-argentina.com.ar/index.php/centrales-termicas/

Escobar, R. (2016). *Core concepts of GNU Radio*. Obtenido de http://stg-pepper.blogspot.com/2016/12/iniciando-con-gnu-radio.html

Esteban Masque. (2015). *Antenas León*. Obtenido de http://www.antenasleon.com/

Ettus. (2017). *Ettus Research*. Obtenido de https://www.ettus.com/content/images/B205mini-i_Top-Large_1.jpg

euroinnova. (2024). Obtenido de https://www.euroinnova.com/nuevas-tecnologias/articulos/tipos-hmi

Facal, T. (2015). *GUía para elaborar un proyecto de investigación social.* Madrid: Ediciones Paraninfo, S.A.

Fernández Díaz, J. (2015). *Telecomunicaciones digitales, dispositivos y sistemas.* Nuevo León - México: Universidad Autónoma de Nuevo León.

Forefron.io. (1 de enero de 2013). *la guia absoluta para principiantes de arduino*. Obtenido de http://forefront.io/a/beginners-guide-to-arduino/

Guia usrp 2943. (18 de noviembre de 2016).

Instrument, N. (28 de agosto de 2016). USRP RIO. http://www.ni.com/datasheet/pdf/en/ds-538.

Instrument, N. (1 de abril de 2020). *National instrument*. Obtenido de http://www.ni.com/white-paper/12985/en/

Interfaces y perifericos. (30 de octubre de 2013).

Joel. (17 de junio de 2015). Motores paso a paso.

JORGE JAMI, I. V. (2012). Implementación de una guía practica de instalación y operación de un sistema de recepción de televisión satelital banda c para 18 satélites que tienen huella en Ecuador. QUITO, ECUADOR. Obtenido de http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4964/1/CD-4503.pdf

linux. (9 de MAYO de 2024). *linux.* Obtenido de libreria LSIM: https://blog.desdelinux.net/glpi-gestion-libre-del-parque-informatico/

López Cortez, S. (2015). *Análisis matemático del desempeño de OFDM en función del tiempo de guarda en canales con desvanecimiento selectivo en frecuencia.* Sangolquí - Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas.

López, E., Zinemanas, P., & Ramos, M. (2016). *Introducción a los sistemas de comunicación.* Rocha - Uruguay: Centro Universitario Regional Este.

López, J. C. (1 de 11 de 2017). *contaminacion electromagnetica*. Obtenido de http://www.gigahertz.es/glosario.html

López, V. (2016). *Problemas resueltos de electromagnetismo.* Madrid: Editorial Centro de Estudios Ramon Areces S.A.

Marcano, M. (2018). *Investigación experimental.* Maracaibo - Venezuela: Universidad Fermín Toro.

Mario. (13 de febrero de 2013). *Neoteo*. Obtenido de https://www.neoteo.com/electronica-basica-coaxiales/

Martínez, E., & Arturo, S. (2012). *Fundamentos de Telecomunicaciones y Redes Convergente.*

Masero, V. (2015). *Principios de OFDM.* Sevilla - España: Revista de Universidad de Sevilla.

Muñoz, J. T. (2018). *Comunicaciones digitales 2.* Málaga - España: Editorial RIUMA.

Panamá, U. d. (21 de Julio de 2024). *UpInforma Diario Digital*. Obtenido de Universidad de Panamá UpInforma Diario Digital.

Patiño, A. C. (10 de mayo de 2007). sistemas de comunicaciones Constantino Perez. 343.

Prieto Del Amo, C. (2015). *Estimación de canal y desplazamiento de frecuencia en sistemas MIMO-OFDM con prefijo cíclico insuficiente.* Madrid - España: Universidad Carlos III de Madrid.

Profesional, t. (8 de mayo de 2015). *Blog tdt profesional*. Obtenido de (https://www.tdtprofesional.com/blog/lnb-satelites-tipos-y-funcionamiento/)

Profesional, t. (8 de mayo de 2020). *Blog tdt profesional*. Obtenido de (https://www.tdtprofesional.com/blog/lnb-satelites-tipos-y-funcionamiento/)

Quesada, P. (2016). *Desarrollo de un sistema de transmisión (emisor-receptor) con módulos bluetooth.* Madrid - España: Universidad Politécnica de Madrid.

quiminet. (24 de abril de 2006). *quiminet.com*. Obtenido de https://www.quiminet.com/articulos/que-son-los-interruptores-finales-de-carrera-7838.htm

Ramirez, D. h. (18 de marzo de 2014). *slide share*. Obtenido de https://es.slideshare.net/juandanielhernandezramirez1/tarjeta-de-adquisicin-de-datos

Ramirez, D. H. (18 de marzo de 2014). *slideshare*. Obtenido de https://es.slideshare.net/juandanielhernandezramirez1/tarjeta-de-adquisicin-de-datos

Rodríguez, E. (2013). *Metodología de la Investigación.* Villahermosa: Universidad de Juárez Autónoma de Tabasco.

Rojas, M. (17 de agosto de 2013). *procedimiento de diseño de antenas*. Obtenido de http://disenoantenas.blogspot.com/

Santos, G. (Junio de 2022). *Universidad politecnica nacional.* Obtenido de Implementacion de prototipo de drive de comunicacion tipo profinet para escritura y lectura de datos booleanos : https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/22837/1/CD%2012299.pdf

Shiloh, M. B. (2016). *Introduccion a Arduino.*

Siemens. (2024). *Siemens* . Obtenido de LSim para el portal Tia v16: https://support.industry.siemens.com/forum/ec/en/posts/lsim-for-tia-portal-v16/284266

sites.google.com/. (s.f.). *https://sites.google.com/site/desarrollosticaura/proyecto-de-ict/stdp-y-tba/4-fibra-optica*.

Suárez, A. (2015). *Sistemas de comunicación digital.* Nuevo León - México: Universidad Autónoma Nuevo León.

suministrointec. (2022). https://suministrointec.com/blog/neumatica_definicion-origen/.

susanautomations. (2024). Obtenido de https://www.susanautomations.com/pressure-solutions/

telwesa. (2020). Obtenido de https://telwesa.com/planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales/

Tomasi, W. (2003). *Sistemas de comunicaciones electronicas.* mexico: prentice hall.

triana, i. (2 de agosto de 2016). *ingenio triana*. Obtenido de http://ingenio-triana.blogspot.com/2016/08/control-de-motores-con-arduino.html

Universia Costa Rica. (04 de septiembre de 2017). *Tipos de investigación: Descriptiva, Exploratoria y Explicativa*. Obtenido de Universia Costa Rica: http://noticias.universia.cr/educacion/noticia/2017/09/04/1155475/tipos-investigacion-descriptiva-exploratoria-explicativa.html

Uruchima Portilla, A. A. (2016). *Análisis del desempeño de sistemas OFDM con diferentes modulaciones usando Simulink.* Guayaquil - Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Valdeorras, R. (7 de mayo de 2014). *puntitos en el cielo*. Obtenido de http://puntitosenelcielo.blogspot.com/2014/05/satelites-artificiales-orbitas.html

Vazquez Gallardo, S. (2015). Elementos de sistemas de telecomunicaciones.

Vazquez, S. G. (2015). elementos de sistemas de comunicaciones. 103-105,106. madrid,ESPAÑA: paraninfo.

Villa, Y. G. (s.f.). *www.academia.edu*. Obtenido de https://www.academia.edu/22156303/Tarjeta_de_adquisici%C3%B3n_de_datos_DAQ

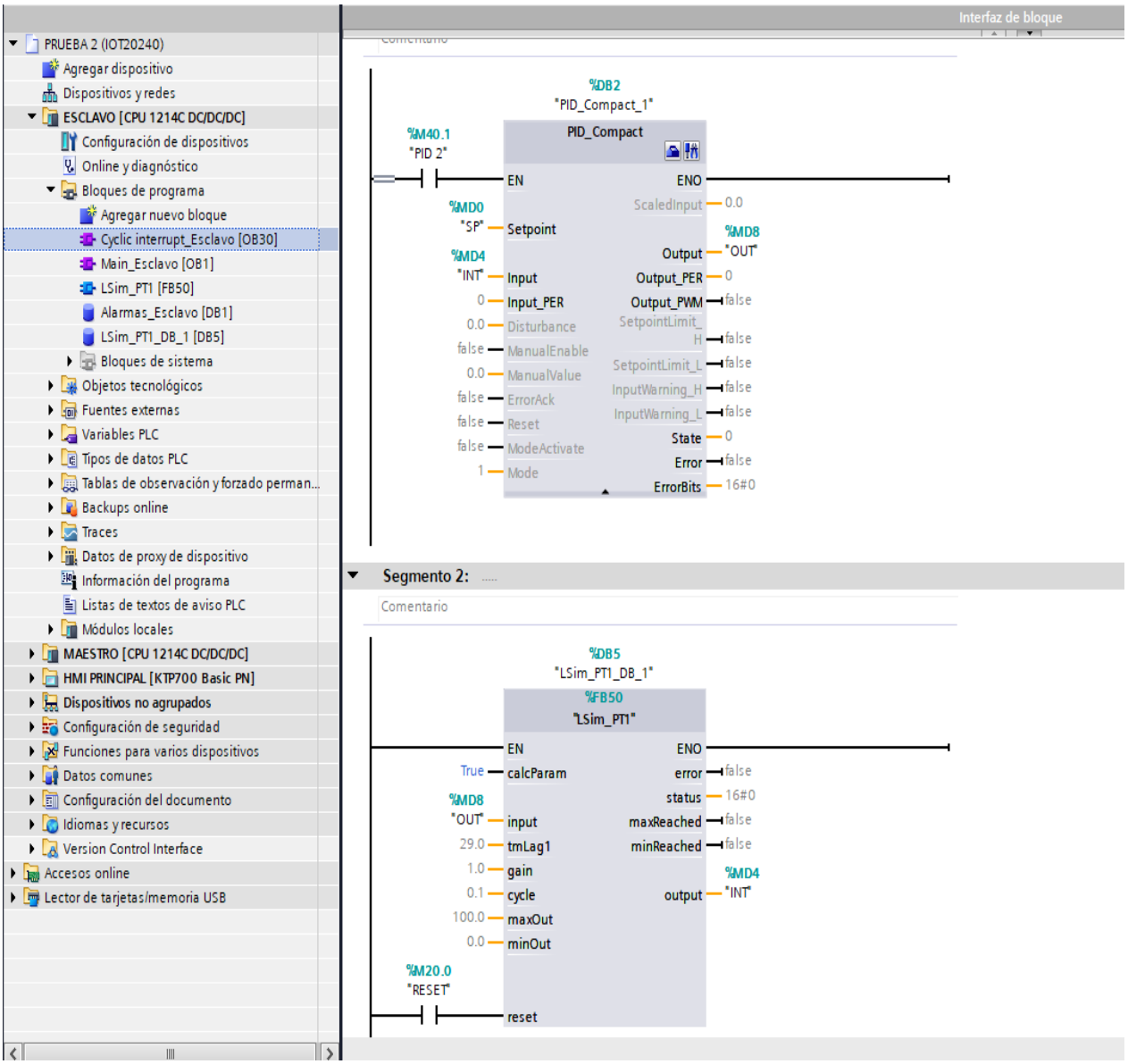
Villalpando, J. A. (19 de octubre de 2015). *Antenas*. Obtenido de http://www.iesromerovargas.es/recursos/elec/sol/est-antenas.htm

Viveros, J. (2015). *Principios de comunicaciones digitales.* México D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana.

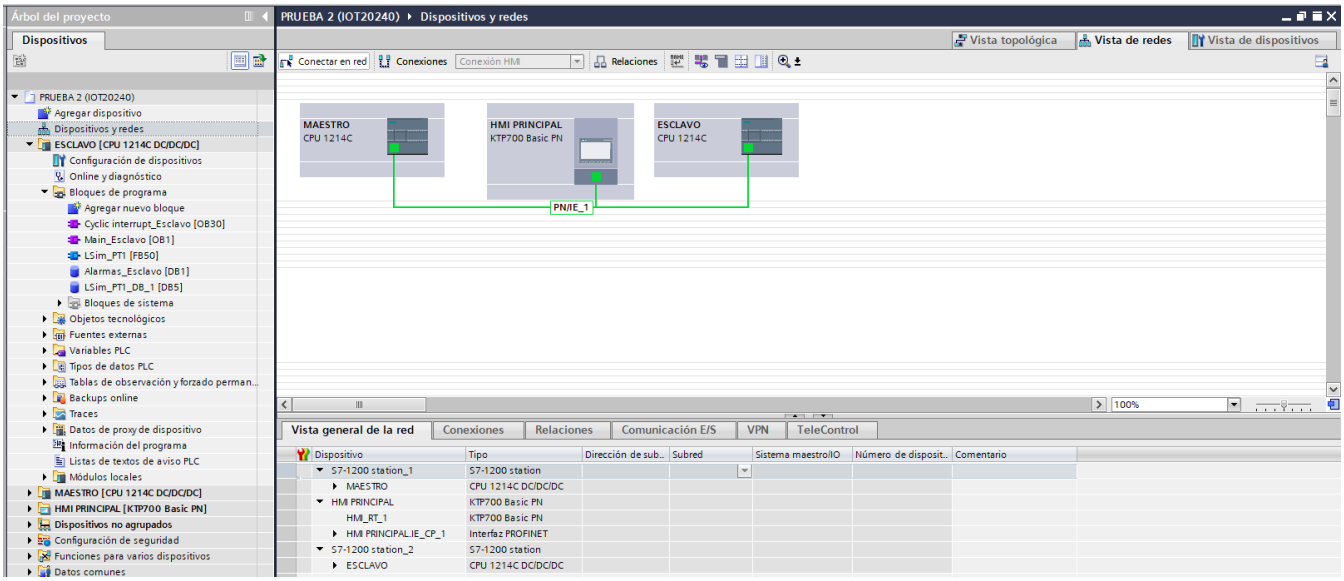
Voltimum. (13 de julio de 2010). *voltimum*. Obtenido de https://www.voltimum.es/articulos-tecnicos/cable-coaxial

XII. ANEXOS

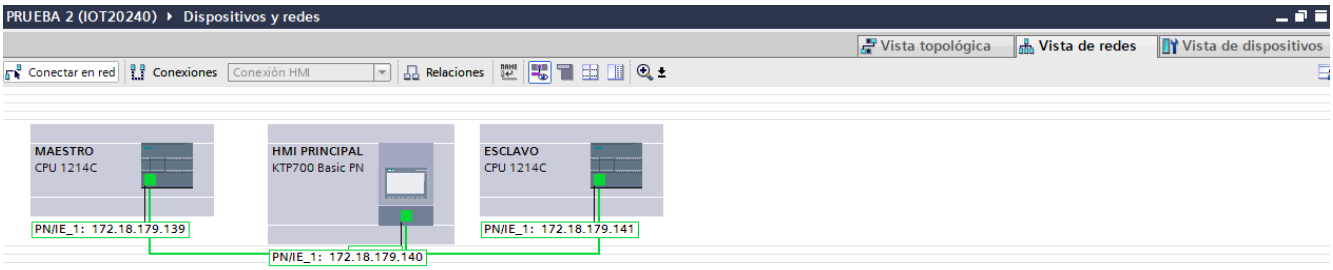
Anexo 1. Bloque LSIM Y PID del esclavo



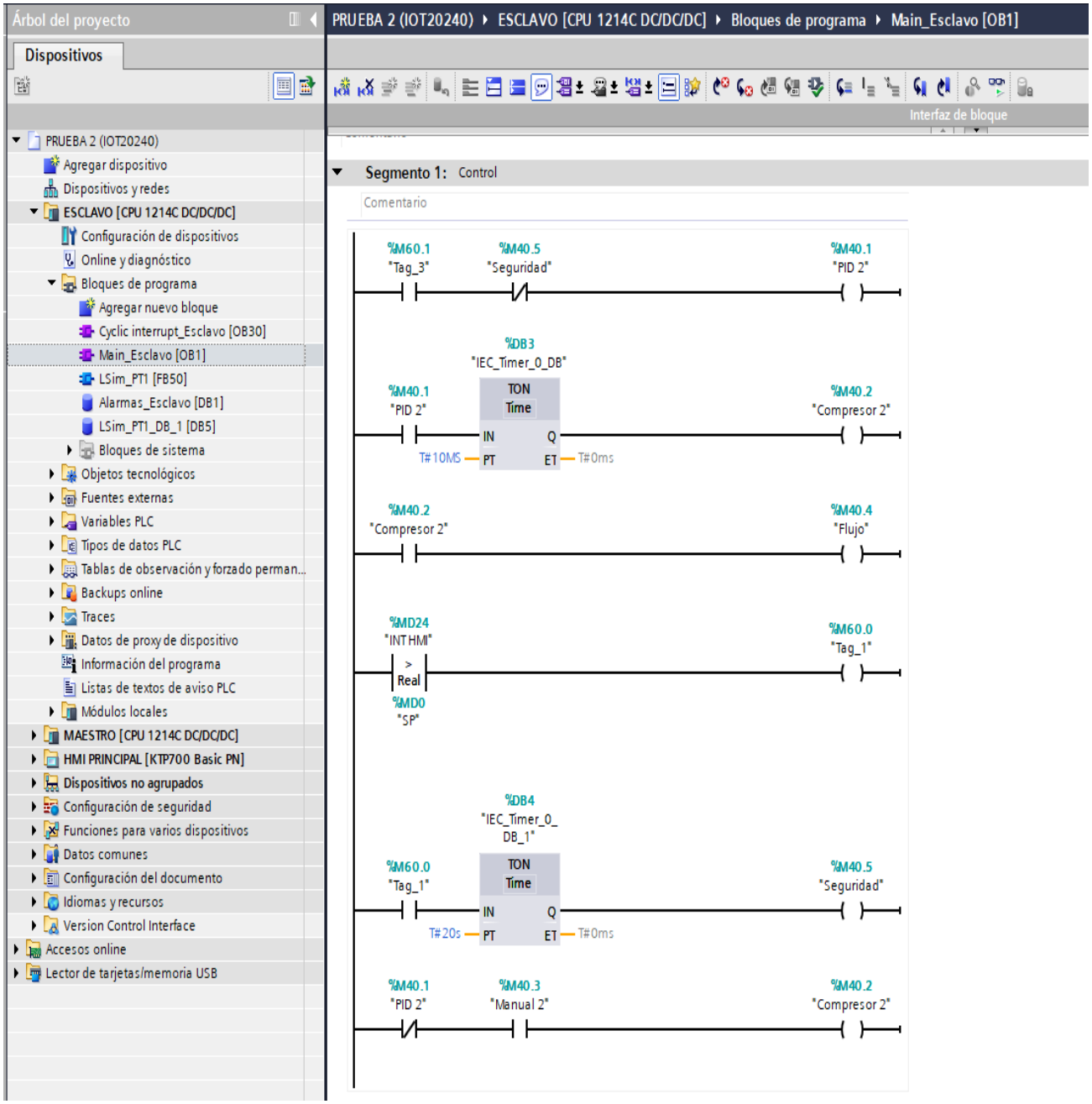
Anexo 2. Interfaz Profinet



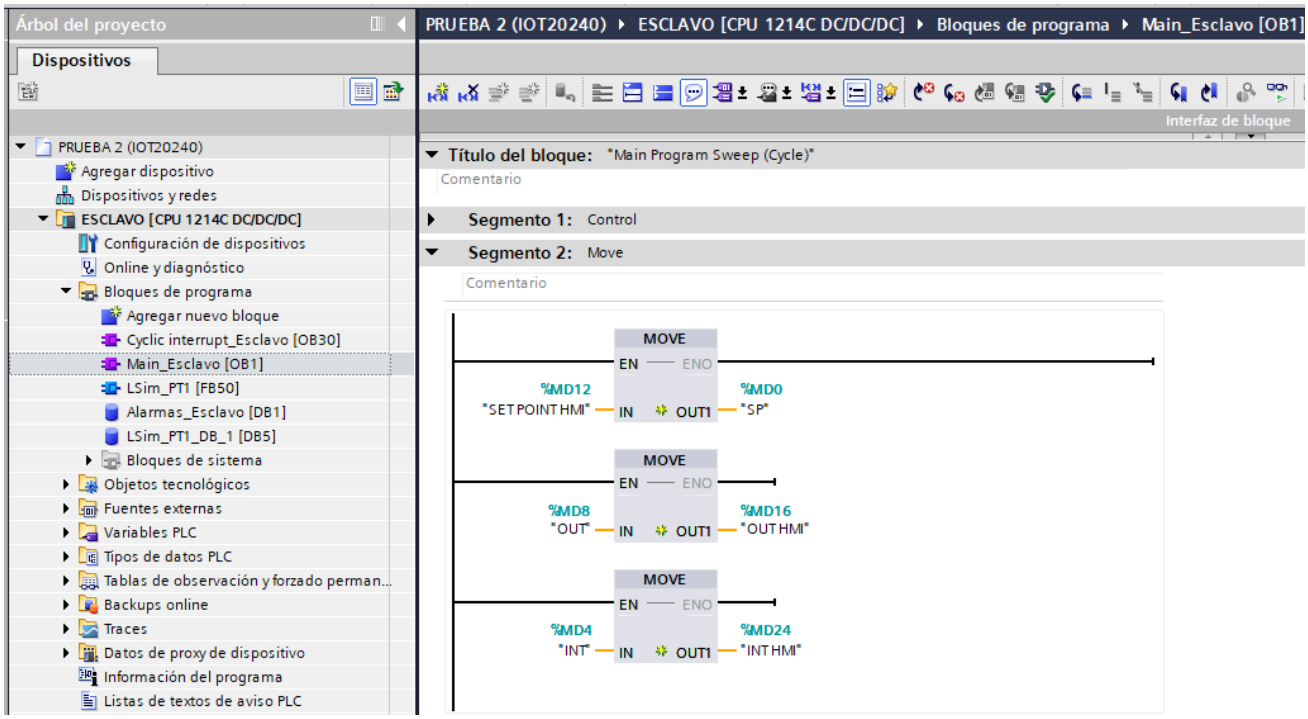
Anexo 3. Direcciones IP



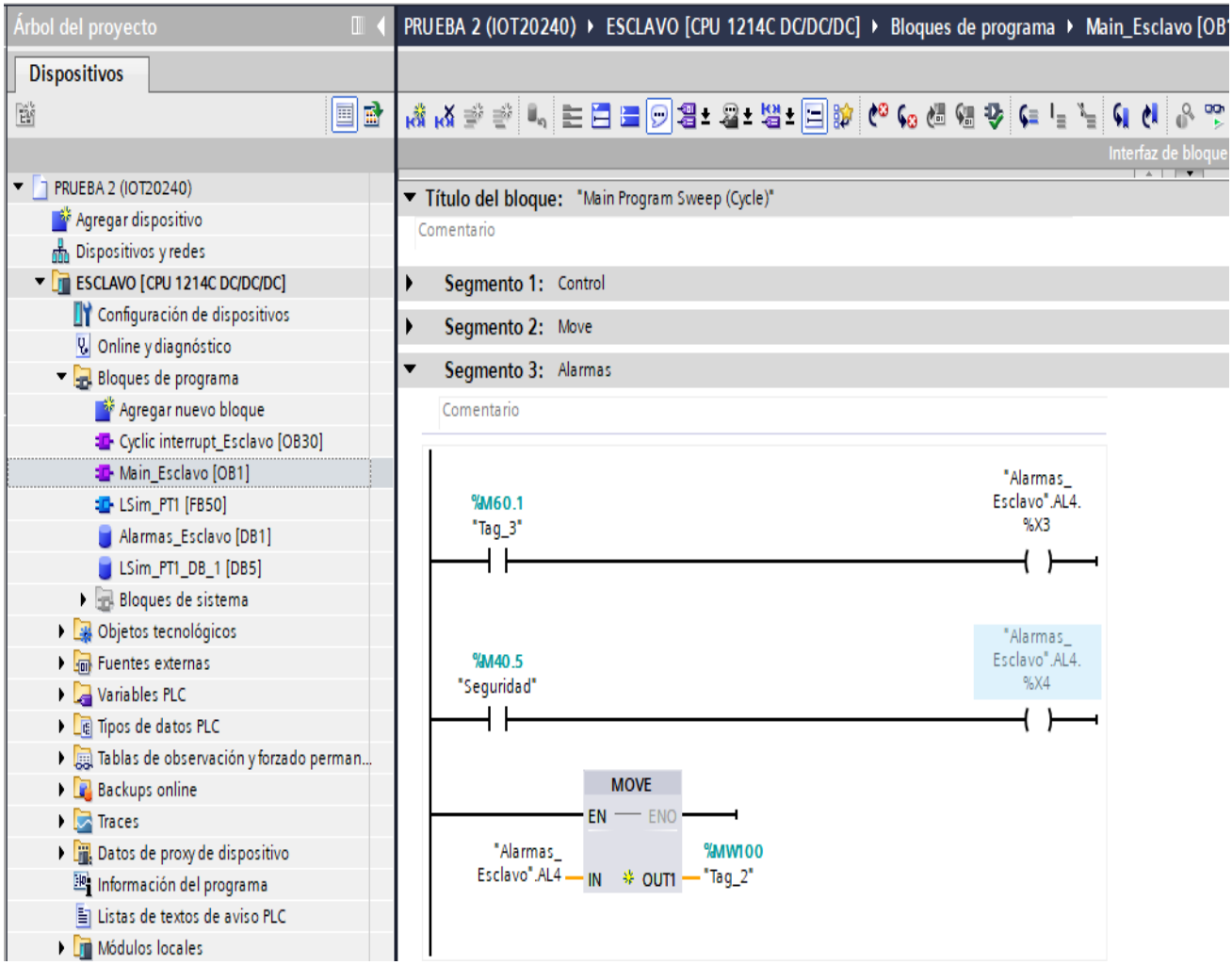
Anexo 4. Bloque de programa del esclavo



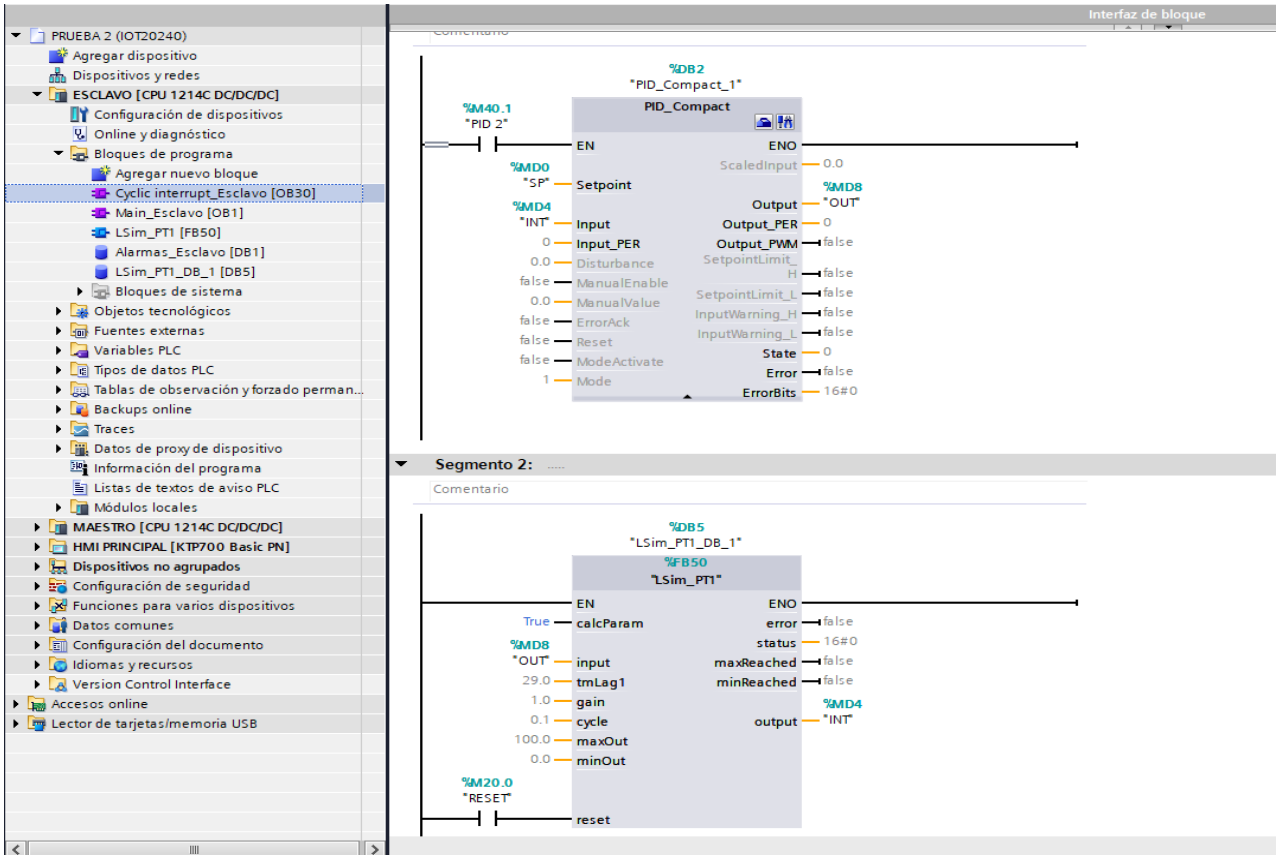
Anexo 5. Bloques del segmento 2 del main Esclavo



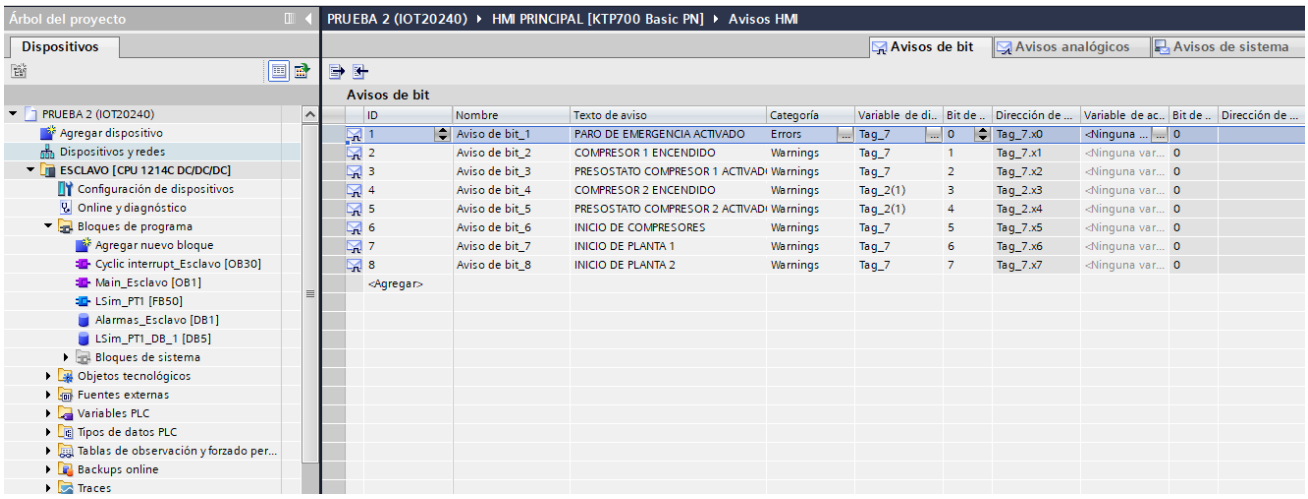
Anexo 6. Programación del segmento 3 de las alarmas del main Esclavo



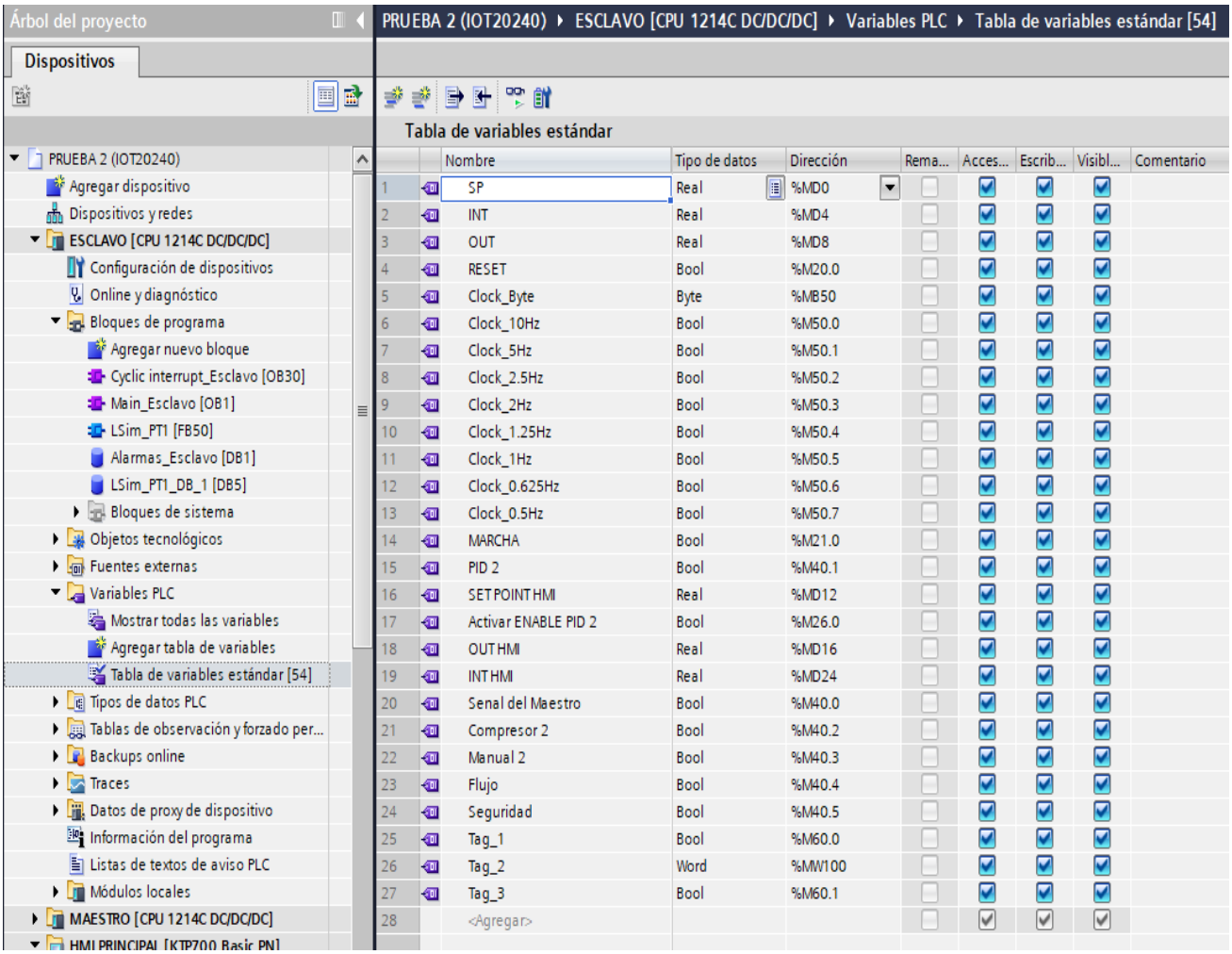
Anexo 5. Bloque del programa Cyclic Interrumpt



Anexo 6. Sistema de alarma

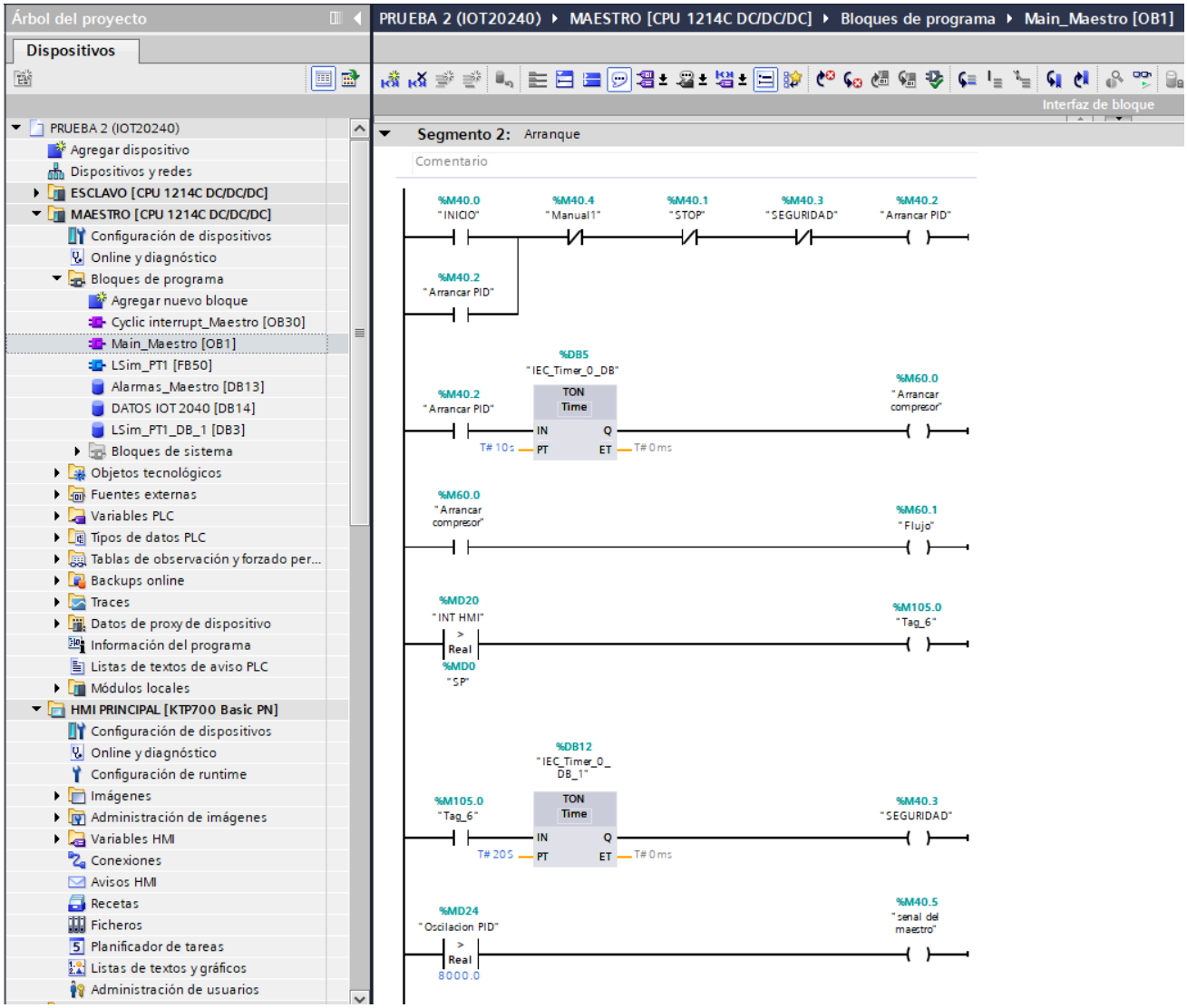


Anexo 7. Variables del PLC

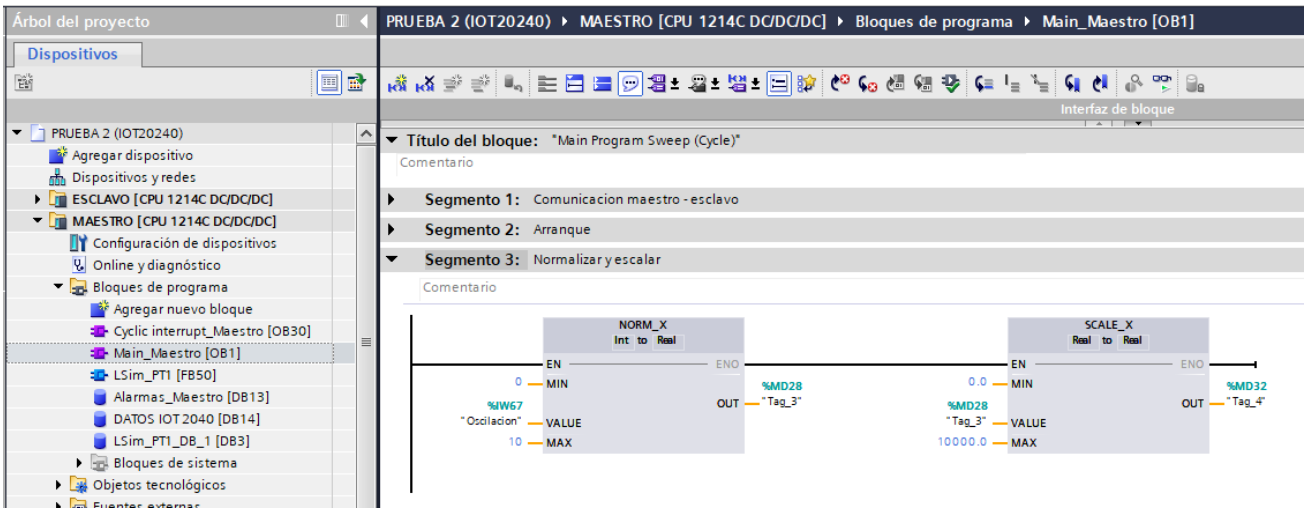


	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Comentario
1	SP	Real	%MD0		✓	✓	✓	
2	INT	Real	%MD4		✓	✓	✓	
3	OUT	Real	%MD8		✓	✓	✓	
4	RESET	Bool	%M20.0		✓	✓	✓	
5	Clock_Byte	Byte	%MB50		✓	✓	✓	
6	Clock_10Hz	Bool	%M50.0		✓	✓	✓	
7	Clock_5Hz	Bool	%M50.1		✓	✓	✓	
8	Clock_2.5Hz	Bool	%M50.2		✓	✓	✓	
9	Clock_2Hz	Bool	%M50.3		✓	✓	✓	
10	Clock_1.25Hz	Bool	%M50.4		✓	✓	✓	
11	Clock_1Hz	Bool	%M50.5		✓	✓	✓	
12	Clock_0.625Hz	Bool	%M50.6		✓	✓	✓	
13	Clock_0.5Hz	Bool	%M50.7		✓	✓	✓	
14	MARCHA	Bool	%M21.0		✓	✓	✓	
15	PID 2	Bool	%M40.1		✓	✓	✓	
16	SETPOINT HMI	Real	%MD12		✓	✓	✓	
17	Activar ENABLE PID 2	Bool	%M26.0		✓	✓	✓	
18	OUT HMI	Real	%MD16		✓	✓	✓	
19	INT HMI	Real	%MD24		✓	✓	✓	
20	Senal del Maestro	Bool	%M40.0		✓	✓	✓	
21	Compresor 2	Bool	%M40.2		✓	✓	✓	
22	Manual 2	Bool	%M40.3		✓	✓	✓	
23	Flujo	Bool	%M40.4		✓	✓	✓	
24	Seguridad	Bool	%M40.5		✓	✓	✓	
25	Tag_1	Bool	%M60.0		✓	✓	✓	
26	Tag_2	Word	%MW100		✓	✓	✓	
27	Tag_3	Bool	%M60.1		✓	✓	✓	
28	<Agregar>				✓	✓	✓	

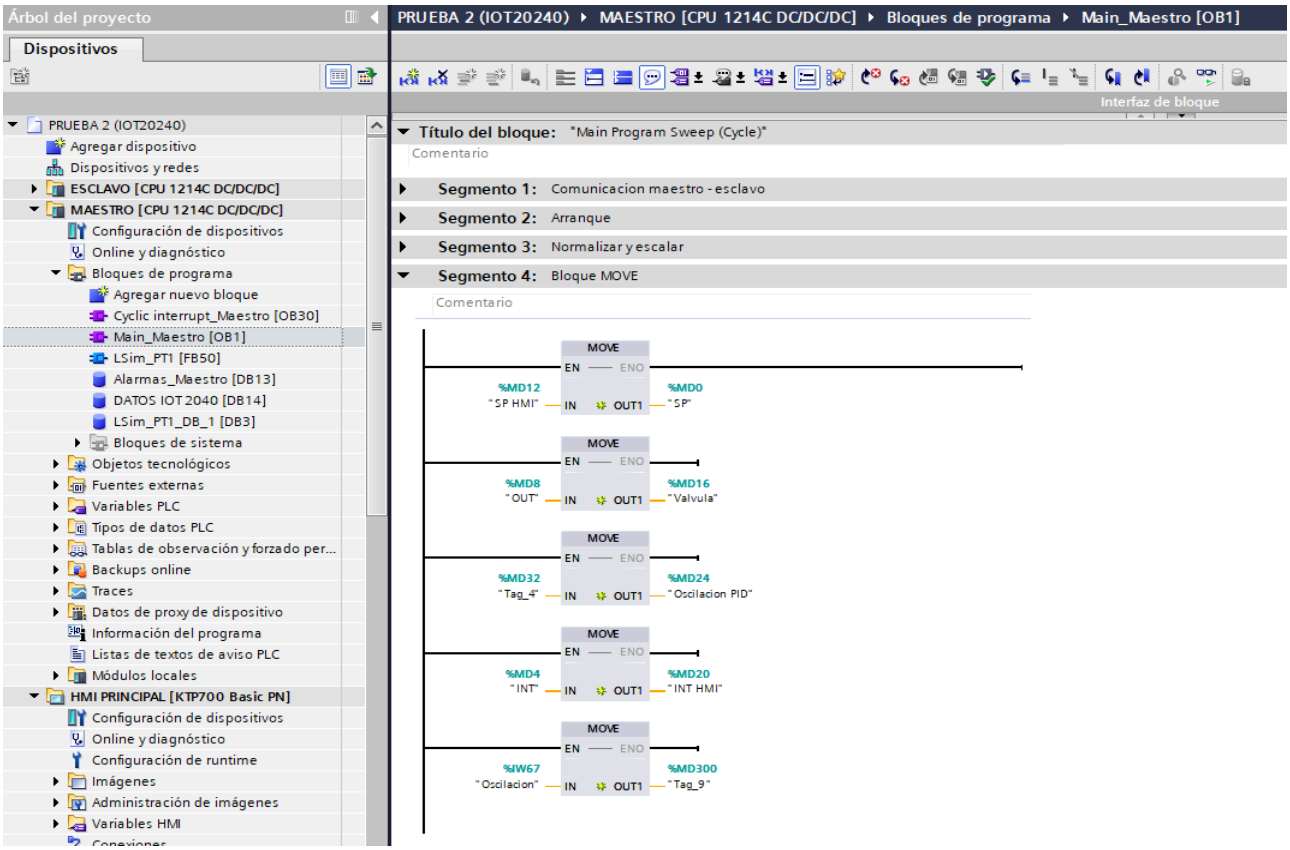
Anexo 8. Bloque de programa Maestro



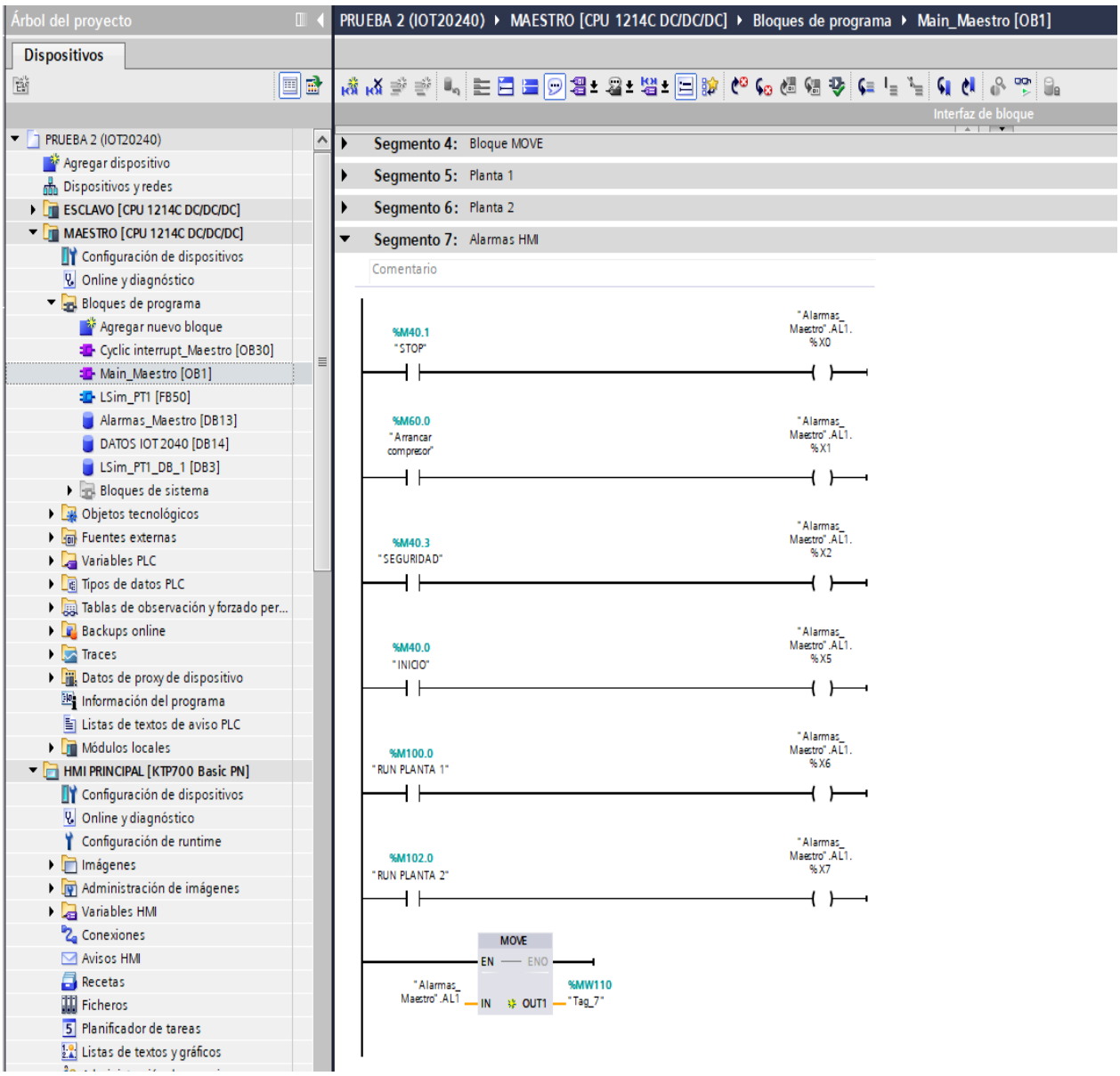
Anexo 9. Programación del segmento 3 de los bloques Normalizar y Escalar del main Maestro



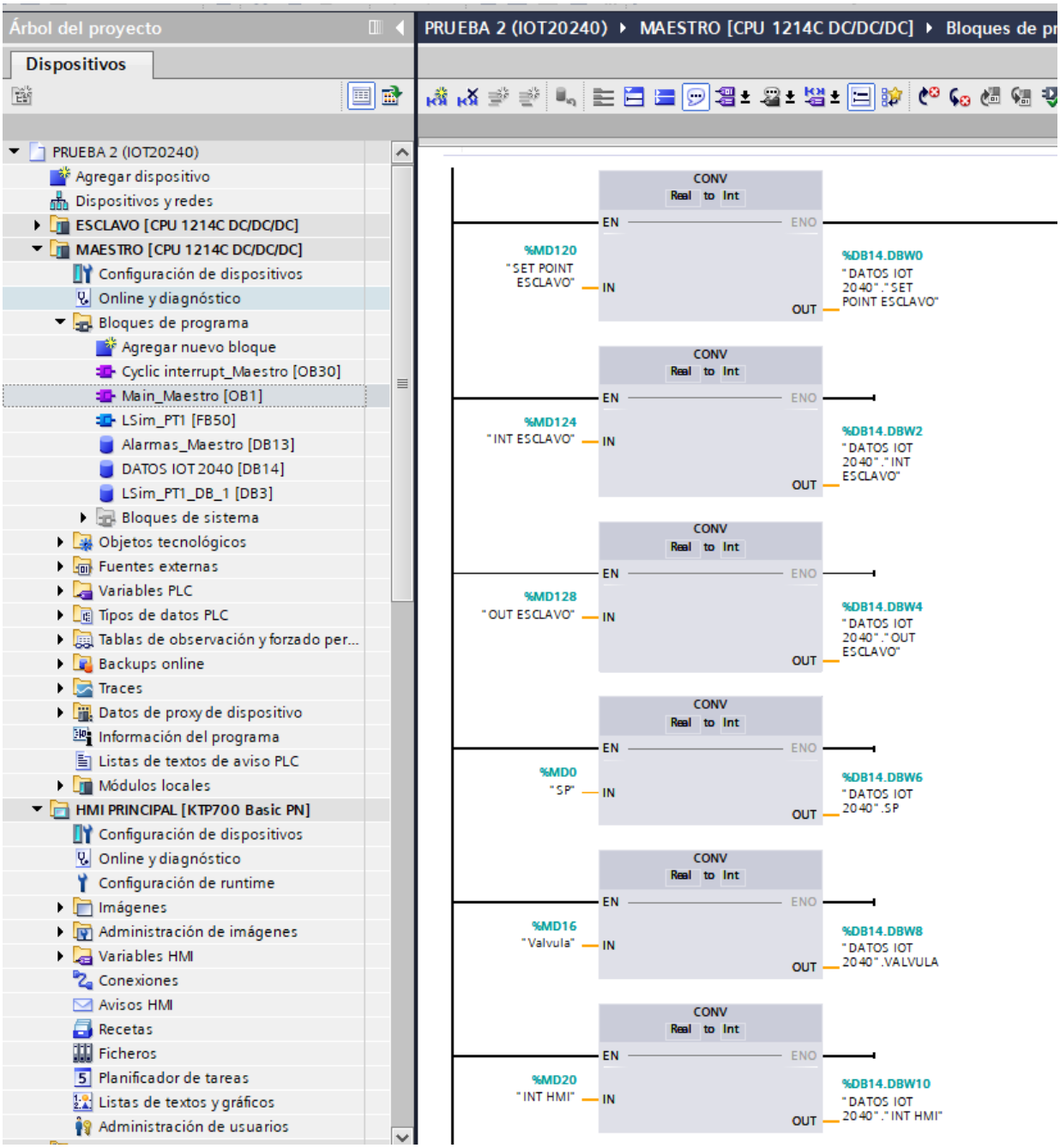
Anexo 10. Programación del segmento 4 de los bloques MOVE del main Maestro



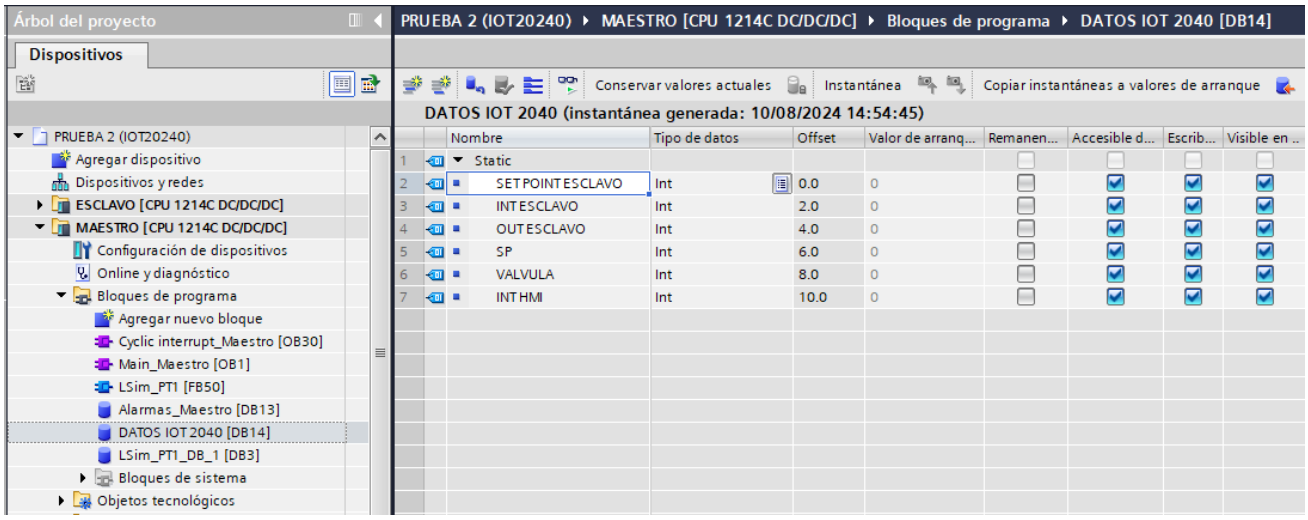
Anexo 11. Bloque para la IOT2040



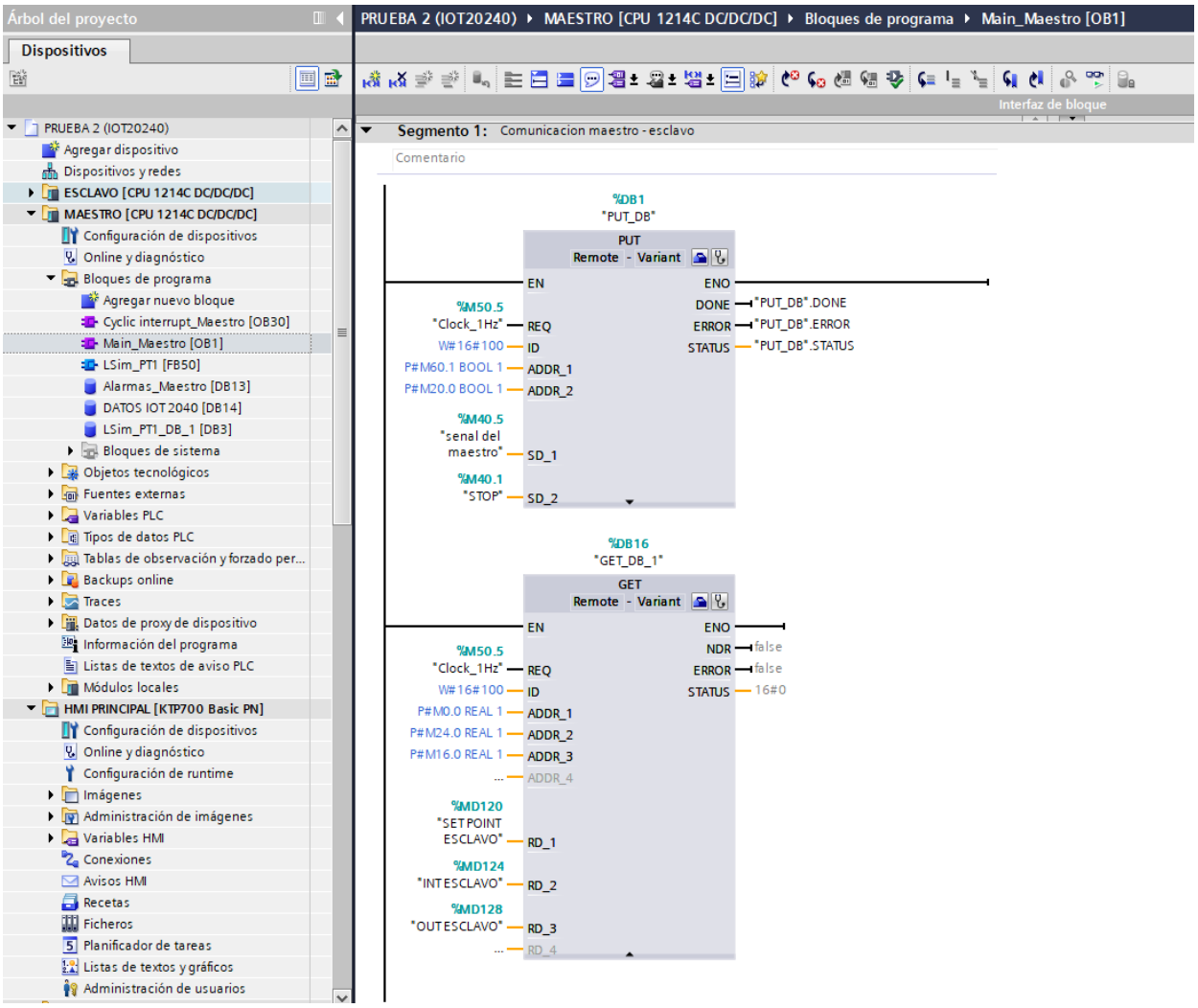
Anexo 12. Programación para la comunicación con el Dashboard en el main Esclavo



Anexo 13. Datos IOT2040

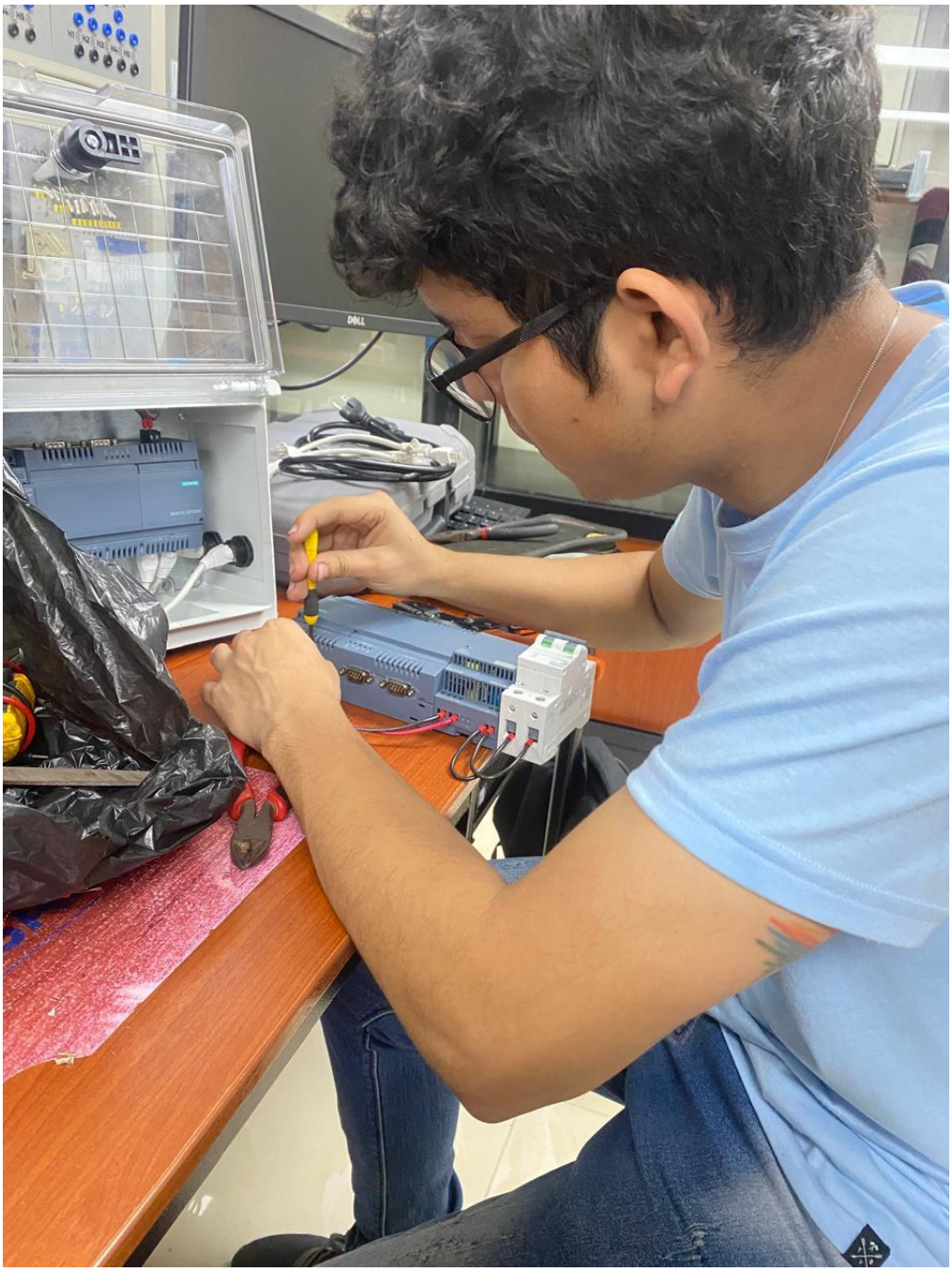


Anexo 14. Bloque PUT y GET



Anexo 15. Prácticas en el laboratorio

Anexo 16. Prácticas en laboratorio



Anexo 17. Prácticas en laboratorio

A. OBJETIVO GENERAL

- Implementar una solución de gestión remota segura para dispositivos IoT a través de la configuración y utilización de PUTTY.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Configurar correctamente PuTTY para establecer conexiones SSH seguras con al menos 10 dispositivos IoT distintos dentro de la red local
- Crear un script de comandos básicos en PuTTY para automatizar tareas comunes en los dispositivos IoT.
- Establecer una conexión SSH segura y estable con al menos 5 dispositivos IoT diferentes utilizando PUTTY.

C. MARCO TEÓRICO

PROFINET

Process FIeld NETwork más conocido como PROFINET es uno de los protocolos de comunicación que está vigente en las industrias, no obstante, su funcionalidad es conectar sensores, motores y otros dispositivos electrónicos, Este sistema está basado en Ethernet por su grande rendimiento debido que proporciona una alta velocidad de comunicación y además tiene compatibilidad con otros protocolos como el TCP-UDP/IP, SNMP entre otros (Comunicación, 2023).

PLC S7-1200

Es un dispositivo industrial que emplea la ingeniería para automatizar procesos, con el propósito de lograr que las máquinas operen todos sus componentes. Debido a estas ventajas, los Controladores Lógicos Programables (PLC) se han vuelto esenciales para el avance tecnológico de las industrias y la sociedad en su conjunto (INDUSTRIASGLS, 2021).

IOT2040

El IOT 2040 es una pasarela inteligente diseñada para facilitar la transmisión de datos. Funciona como un enrutador industrial de acceso remoto y una herramienta de recopilación de datos que permite el mantenimiento remoto desde cualquier ubicación de manera segura. Este dispositivo, dentro del contexto del Internet de las Cosas Industrial (IIoT), sirve como un punto de conexión que recopila información de los dispositivos y la envía a la nube cumpliendo con estándares de seguridad industrial,(Gútiez, 2023).

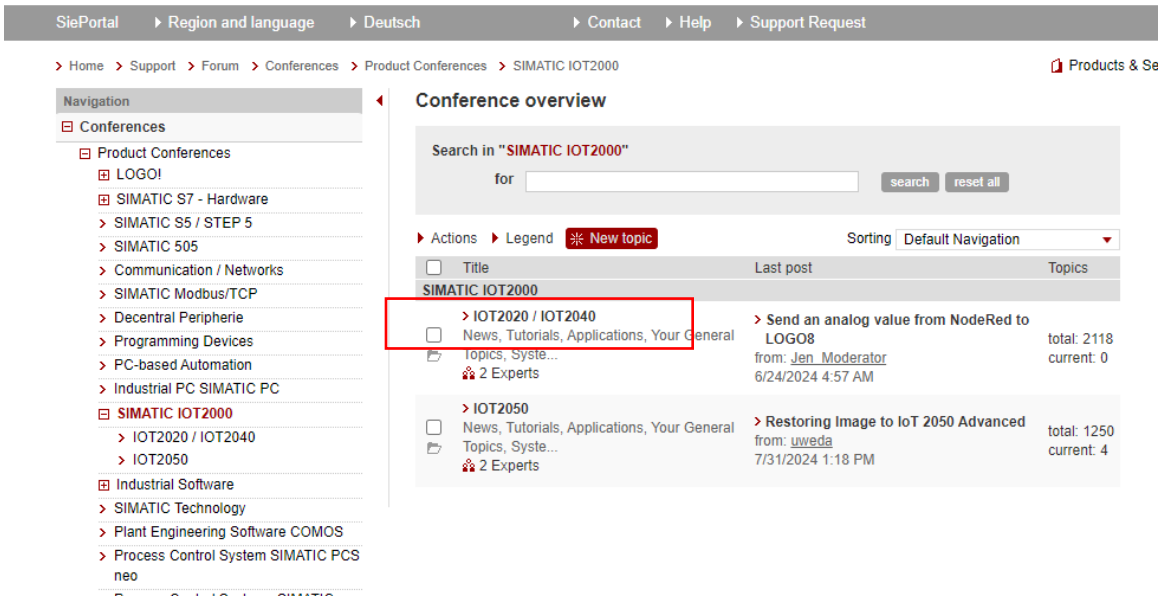
D. MARCO FUNDAMENTAL

12.1 Inscripción en el foro de Siemens y obtener los archivos necesarios.

Para la primera instalación del sistema operativo Yocto Linux, que se utilizará para la configuración con herramientas útiles para proyectos con el IOT2040, es necesario estar registrado en el foro de Siemens para el SIMATIC IoT2040. Esto asegura acceso a recursos y soporte específicos para la configuración y utilización del sistema, figura 106.

Figura 106.

Foro de siemens



Nota. Se observa la página de Siemens.

Luego, se descargó la imagen desde la página web de Siemens, eligiendo el archivo "IOT2040_Example_Image_V3.1.17.zip (639,4 MB) (SHA-256)", como se muestra en la figura 107.

Figura 107.

Imagen de la IOT

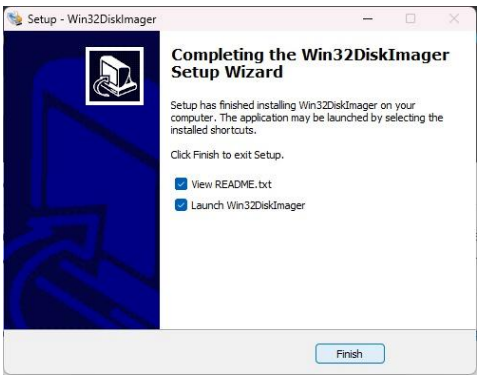
Nota. Se observa la imagen a descargar en la página.

12.2 Descarga de DiskImager e instalación de la imagen en una tarjeta.

Una vez descargada la imagen en la PC, se procede a instalar una tarjeta de memoria, que luego se insertará en el IOT2040. Para llevar a cabo la instalación, se requiere el programa Win32DiskImager, como se muestra en la figura 108.

Figura 108.

Win32DiskImager

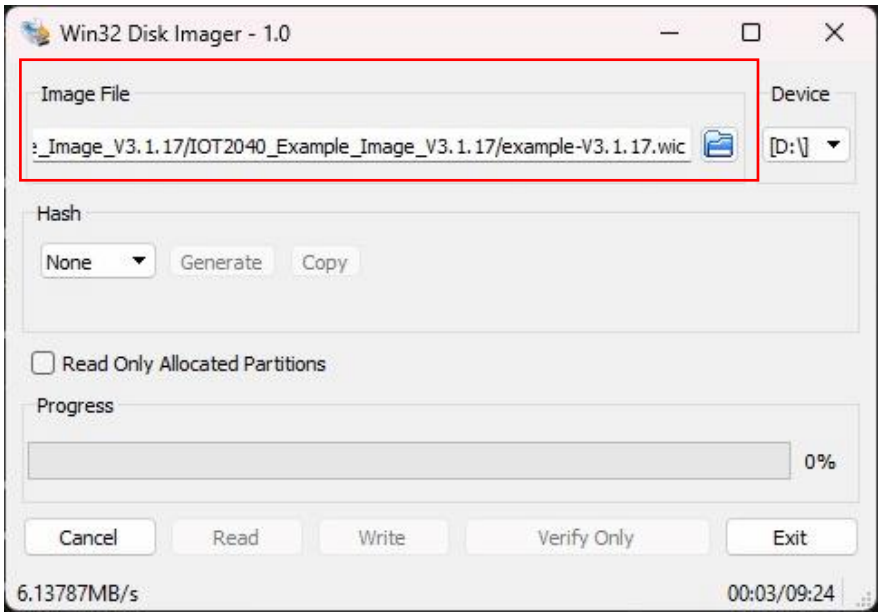


Nota. Se realiza la descarga del Win32DiskImager.

Se prosiguió con la instalación de Win32DiskImager, seleccionando el archivo. wic de la imagen descargada. A continuación, se definió la unidad correspondiente a la tarjeta microSD y se escribió la imagen en la tarjeta, como se muestra en la figura 109.

Figura 109.

Ejemplo de imagen en descarga



Nota. Se muestra el proceso de descarga para la imagen.

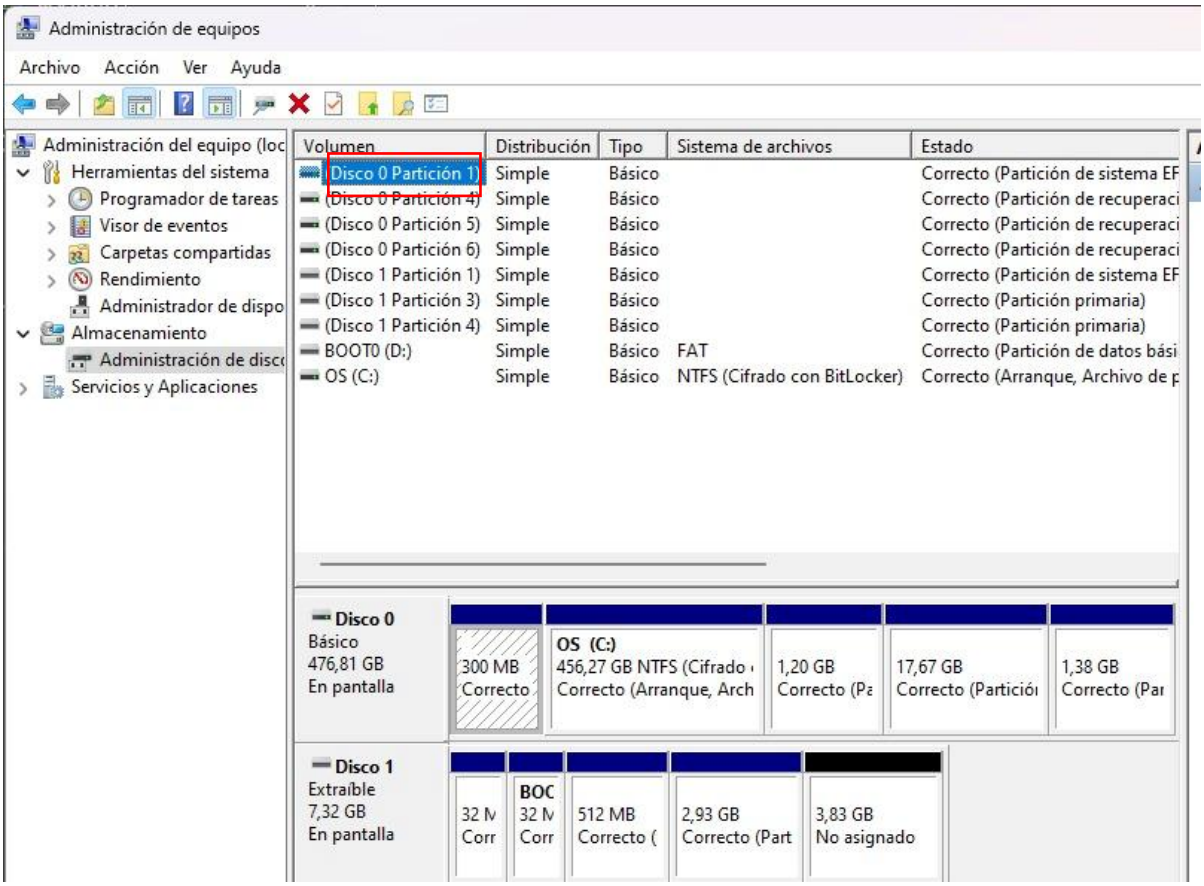
- Desde el escritorio, hacer clic derecho en Equipo.

- Hacer clic izquierdo en Administrar.

- En el menú de la izquierda, dentro de Almacenamiento, hacer clic en la opción Administrador de discos, figura 110.

Figura 110.

Administrador de disco



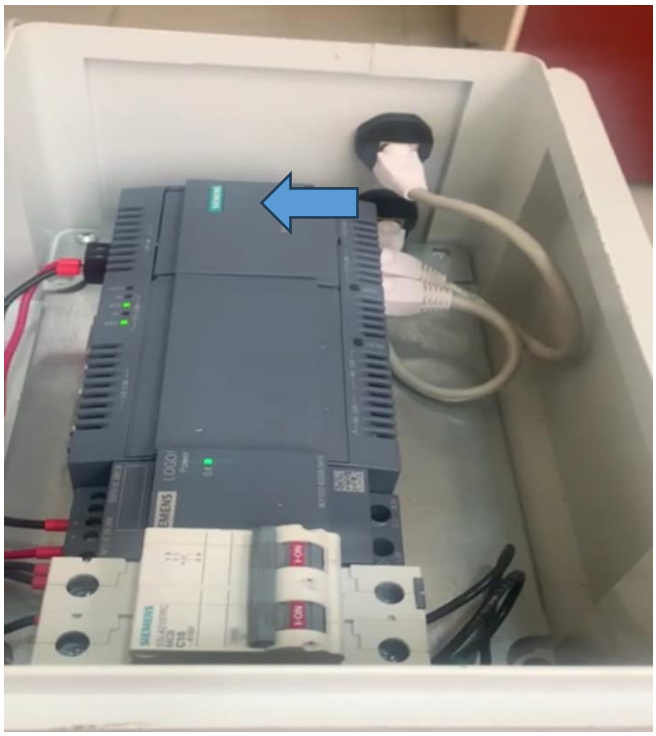
Nota. Se muestra el administrador de disco.

12.3 Inicio de Simatic IOT2040

Luego, se inserta la tarjeta en el SIMATIC IOT2040. Las imágenes siguientes ilustran los pasos a seguir para colocar la tarjeta correctamente en el dispositivo, como se muestra en la figura 111.

Figura 111.

Insertar tarjeta

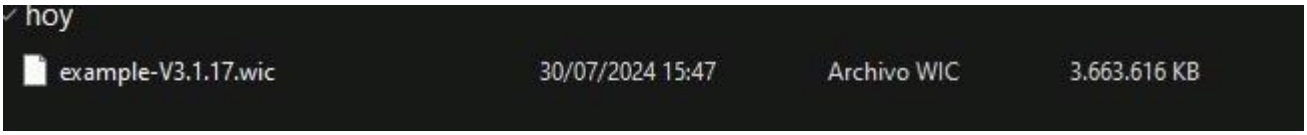


Nota. Se muestra el lugar donde se inserta la tarjeta.

Una vez escrita la imagen, se puede observar que el nombre de la tarjeta ha cambiado y ahora contiene dos carpetas y un archivo, como se muestra en la figura 112.

Figura 112.

Nombre del archivo



Nota. Se ilustra el nombre del archivo que se ha descargado.

Una vez colocada la tarjeta, se alimenta el dispositivo a través del puerto X80. El LED PWR se encenderá, indicando que el dispositivo está recibiendo energía y después de unos segundos, el LED USB se encenderá para señalar que el IOT ha iniciado.

Posteriormente, el LED SD se iluminará y parpadeará o permanecerá fijo durante algunos minutos, ya que el sistema está redimensionando la tarjeta microSD, como se muestra en la figura 113.

Figura 113.

Led SD

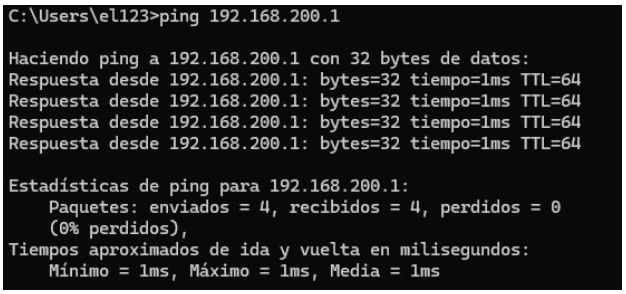
Nota. Se muestra el led SD.

12.4 Descarga de Putty e inicio de sesión en Simatic IOT2040.

Para acceder al dispositivo desde el PC, se usa la herramienta PuTTY, se conecta el cable Ethernet desde el puerto X1 del SIMATIC IOT2040 al PC, y el dispositivo tiene la IP predeterminada 192.168.200.1, el PC reconozca el dispositivo, debe estar en la misma red IP, figura 114.

Figura 114.

Putty Direcciones IP



```
C:\Users\el123>ping 192.168.200.1

Haciendo ping a 192.168.200.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.200.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.200.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.200.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.200.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.200.1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 1ms, Máximo = 1ms, Media = 1ms
```

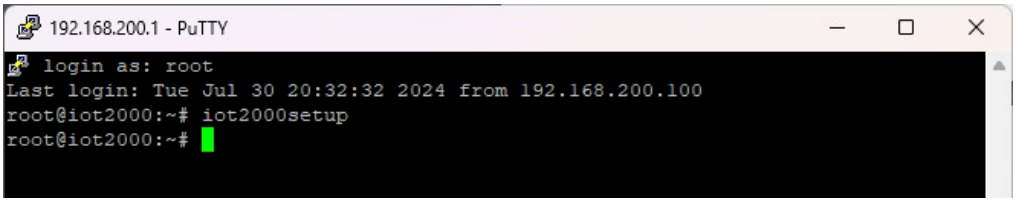
Nota. Se ilustra las direcciones IP y sus protocolos.

En un ajuste de la red del PC, se accedió al Panel de Control, se selecciona en Redes e Internet, donde luego Centro de redes y Recursos Compartidos; dar clic en Cambiar configuración del adaptador, con el botón derecho en Conexión de área local y seleccionar Propiedades, hacer clic en Protocolo de Internet versión 4 (TCP/IPv4) y luego en Propiedades y seleccionar Usar la siguiente dirección IP e introducir una dirección IP en el rango 192.168.200.1 – 192.168.200.254 con la máscara de subred 255.255.255.0

Para iniciar sesión como "root", no se ha configurado ninguna contraseña de acceso por defecto, por lo que se puede acceder directamente al terminal de Linux del dispositivo, como se muestra en la figura 115 y 116.

Figura 115.

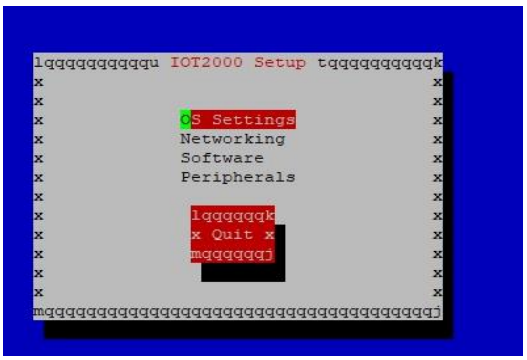
Configuración de acceso



Nota. Se observa la configuración de Linux.

Figura 116.

Imagen PUTTY



Nota. Se muestra el menú del Putty**.**

RECURSOS UTILIZADOS

- Tarjeta microSD (tamaño mínimo 8Gb, tamaño máximo 32Gb)
- Adaptador y lector de tarjetas para lectura en PC
- 2 cables Ethernet
- Fuente de alimentación
- SIMATIC IOT2040

RESULTADOS

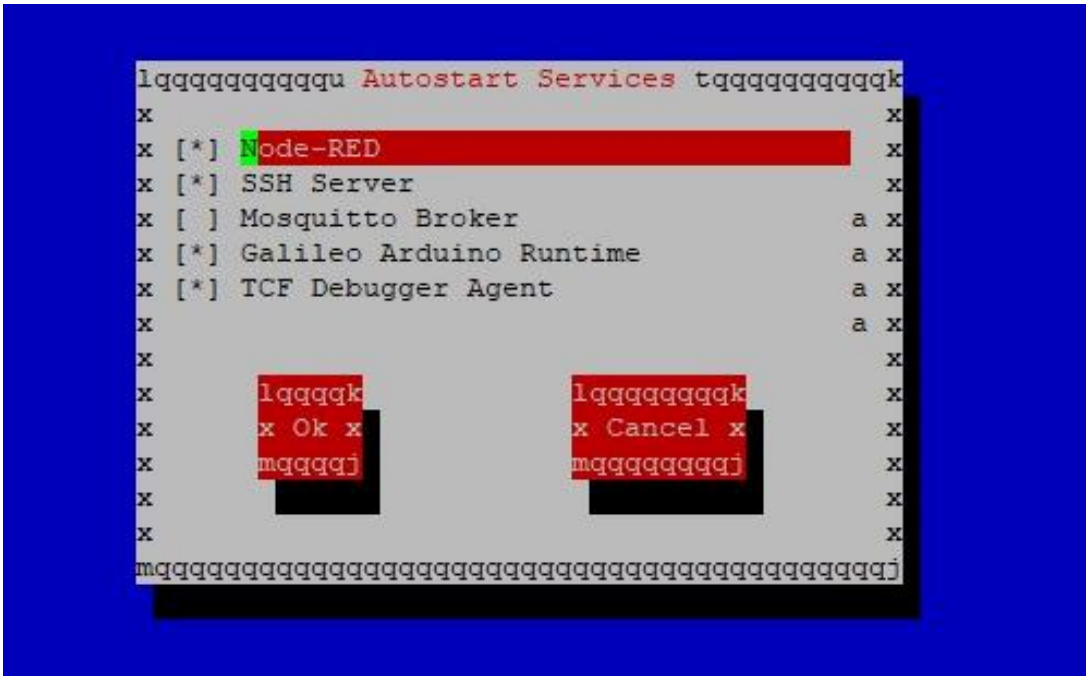
En la figura 117 se puede apreciar el funcionamiento de la práctica, el PLC en RUN cargada su respectiva configuración detallada en el marco procedimental y se observa la conexión de la IOT2040 a la fuente y la configuración de la PC como se muestra en la figura 118.

Figura 117.

Resultados

Figura 118.

Resultados



ANEXOS

```
node-red

C:\Users\el123>node --version && npm --version
v20.16.0
10.8.1

C:\Users\el123>npm install -g --unsafe-perm node-red

added 312 packages in 23s

60 packages are looking for funding
  run `npm fund` for details
npm notice
npm notice New patch version of npm available! 10.8.1 -> 10.8.2
npm notice Changelog: https://github.com/npm/cli/releases/tag/v10.8.2
npm notice To update run: npm install -g npm@10.8.2
npm notice

C:\Users\el123>node-red start
30 Jul 16:38:38 - [info]

Welcome to Node-RED
===================

30 Jul 16:38:38 - [info] Node-RED version: v4.0.2
30 Jul 16:38:38 - [info] Node.js  version: v20.16.0
30 Jul 16:38:38 - [info] Windows_NT 10.0.22631 x64 LE
30 Jul 16:38:38 - [info] Loading palette nodes
30 Jul 16:38:39 - [info] Settings file  : C:\Users\el123\.node-red\settings.js
30 Jul 16:38:39 - [info] Context store  : 'default' [module=memory]
30 Jul 16:38:39 - [info] User directory : C:\Users\el123\.node-red
30 Jul 16:38:39 - [warn] Projects disabled : editorTheme.projects.enabled=false
30 Jul 16:38:39 - [info] Flows file     : C:\Users\el123\.node-red\start
30 Jul 16:38:39 - [info] Creating new flow file
30 Jul 16:38:39 - [warn]

---------------------------------------------------------------------
Your flow credentials file is encrypted using a system-generated key.

If the system-generated key is lost for any reason, your credentials
file will not be recoverable, you will have to delete it and re-enter
your credentials.

You should set your own key using the 'credentialSecret' option in
your settings file. Node-RED will then re-encrypt your credentials
file using your chosen key the next time you deploy a change.
---------------------------------------------------------------------

30 Jul 16:38:39 - [info] Server now running at http://127.0.0.1:1880/
30 Jul 16:38:39 - [warn] Encrypted credentials not found
30 Jul 16:38:39 - [info] Starting flows
30 Jul 16:38:39 - [info] Started flows
```

Elaborado por: Santamaría, Olivo	Revisado por: Ing. Geovany García	Aprobado por: Ing. Geovanny García
Fecha de Elaboración 30/08/2024	Fecha de Revisión 30/08/2024	Número de Resolución Consejo de Carrera: 1

A. OBJETIVO GENERAL

- Controlar y coordinar un conjunto de dispositivos o procesos, garantizando la redundancia y la alta disponibilidad del sistema.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar y configurar el hardware y software adecuados para desempeñar las funciones de maestro y esclavo en el sistema.
- Implementar un protocolo de comunicación confiable entre el maestro y los esclavos, garantizando la sincronización y el intercambio de datos en tiempo real.
- Desarrollar algoritmos de control y gestión de errores para garantizar la alta disponibilidad del sistema.

C. MARCO TEÓRICO

Profinet

Process FIeld NETwork más conocido como PROFINET es uno de los protocolos de comunicación que está vigente en las industrias, no obstante, su funcionalidad es conectar sensores, motores y otros dispositivos electrónicos, Este sistema está basado en Ethernet por su grande rendimiento debido que proporciona una alta velocidad de comunicación y además tiene compatibilidad con otros protocolos como el TCP-UDP/IP, SNMP entre otros (Comunicación, 2023).

PLC S7-1200

Es un dispositivo industrial que emplea la ingeniería para automatizar procesos, con el propósito de lograr que las máquinas operen todos sus componentes. Debido a estas ventajas,

los Controladores Lógicos Programables (PLC) se han vuelto esenciales para el avance tecnológico de las industrias y la sociedad en su conjunto (INDUSTRIASGLS, 2021).

HMI

Es un panel de control que logra conectar a la persona con la maquina es comúnmente, así como se observa en la Figura 3, es usado en las industrias para que optimizar procesos digitalizando y centrando datos, gracias a esto los operadores pueden ver mensajes importantes en gráficos, ver y gestionar alertas (euroinnova, 2024).

Comunicación Maestro-Esclavo

En el principio de maestro/esclavo es una noción crucial en informática para gestionar y asignar recursos, especialmente cuando múltiples dispositivos, procesos o aplicaciones dependen de los mismos recursos. Esto se vuelve especialmente relevante en situaciones como la transmisión de datos a través de un bus de datos. Bajo este principio, se regulan las solicitudes de manera que la comunicación ocurra sin interferencias ni alteraciones de las señales por parte de otros elementos, garantizando así la correcta ejecución de todos los procesos involucrados. (bidigital, 2019).

Compresores de aire

Es una herramienta mecánica empleada para elevar la presión del aire en un espacio confinado. Su funcionamiento implica succionar aire del entorno y compactarlo, lo que disminuye su volumen y, por ende, incrementa su presión. Este dispositivo es ampliamente utilizado en diversas industrias, ya que suministra aire comprimido a componentes de maquinaria, como se observa en la Figura 5 (Encarnación García, 2023).

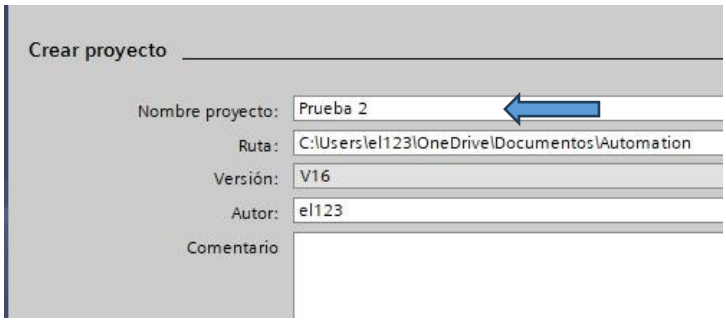
D. MARCO FUNDAMENTAL

12.5 Creación de los PLC's maestro – esclavo

Para iniciar, se procede a crear un proyecto en el software. Primero, se hace clic en el icono de acceso a la aplicación en el escritorio de Windows. Luego, se selecciona la opción "Create new Project". A continuación, se asigna un nombre al proyecto en el campo llamado "PRUEBA 2" como se muestra en la figura 119.

Figura 119.

Creación del proyecto

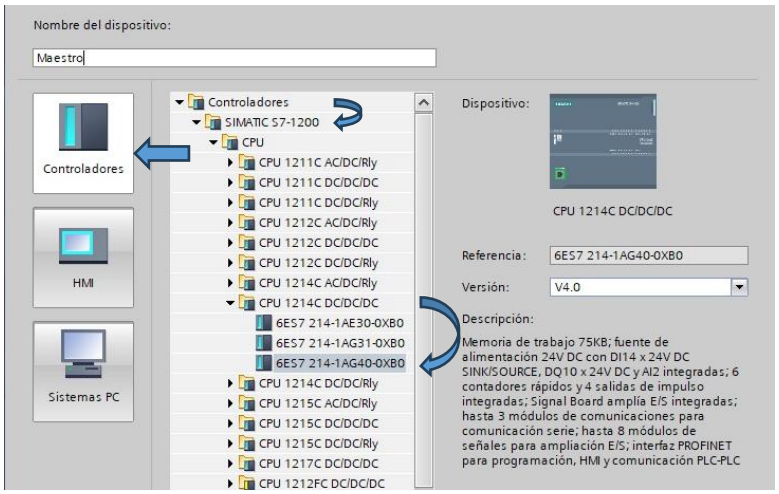


Nota. Se visualiza la ventana de trabajo del programa TIA PORTAL V18 para poder crear el nuevo proyecto.

Una vez creado el proyecto, se añaden los PLCs. en este caso, se declara el nombre del dispositivo en este caso es "Maestro" luego selecciona "controladores" se abre la carpeta "simatic S7 1200" luego en "CPU" y se utiliza el S7-1200 CPU 1214DC/DC/DC (referencia 6ES7214-1AG40-0XB0) versión 4.0 como se muestra en la figura 120.

Figura 120.

PLCs S7-1200



Nota. Se muestra la configuración del PLC en la cual se va a trabajar.

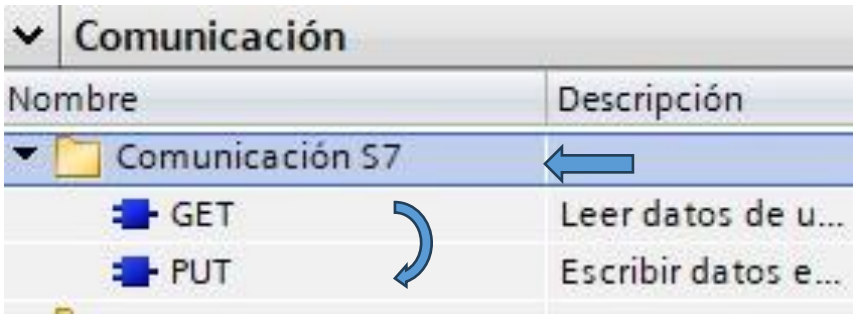
Luego de haber creado un PLC se procede a realizar los mismos pasos para crear el PLC esclavo.

12.6 Configuración del bloque PUT/GET

Para alcanzar los bloques de comunicación, se dirige a la sección de INSTRUCCIONES, luego selecciona COMUNICACIONES, seguido de COMUNICACIONES S7. Finalmente, se eligen los bloques GET/PUT para configurar la comunicación al sistema que se muestra en la figura 121.

Figura 121.

Bloque de comunicaciones

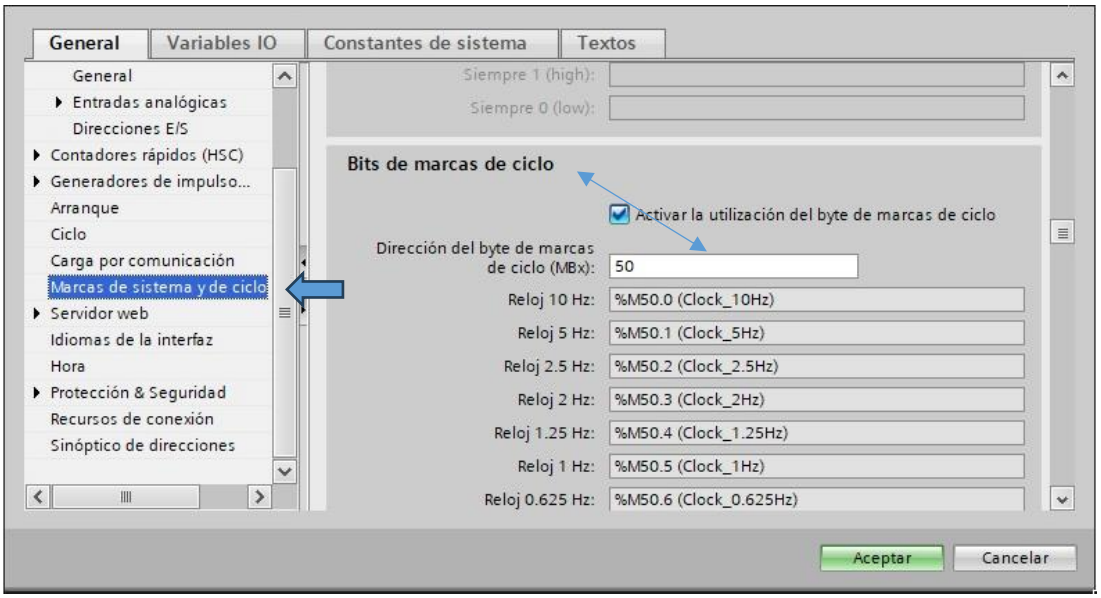


Nota. Se agrega los bloques de comunicación.

Se habilita la opción PUT/GET para cada uno de los PLC'S, se dirige a "Marcas del sistema" luego se va a la sección de "Bits marca de ciclos" y se llena los campos con la dirección de marca de ciclo se ha colocado "50" para que exista comunicación entre ambos como se muestra en la figura 122.

Figura 122.

Activación de marca de siglo



Nota. Se muestra la ventana de uno de los PLC'S, de sus marcas de ciclo, de la interfaz para la configuración.

Después de hacer la configuración, se procederá a crear las variables en el PLC, con la marca "MB" para el tipo de datos Byte y "M" para el bool, esto es necesario para definir y gestionar los datos que se utilizarán en el sistema, figura 1123

Figura 123.

Tabla de variables

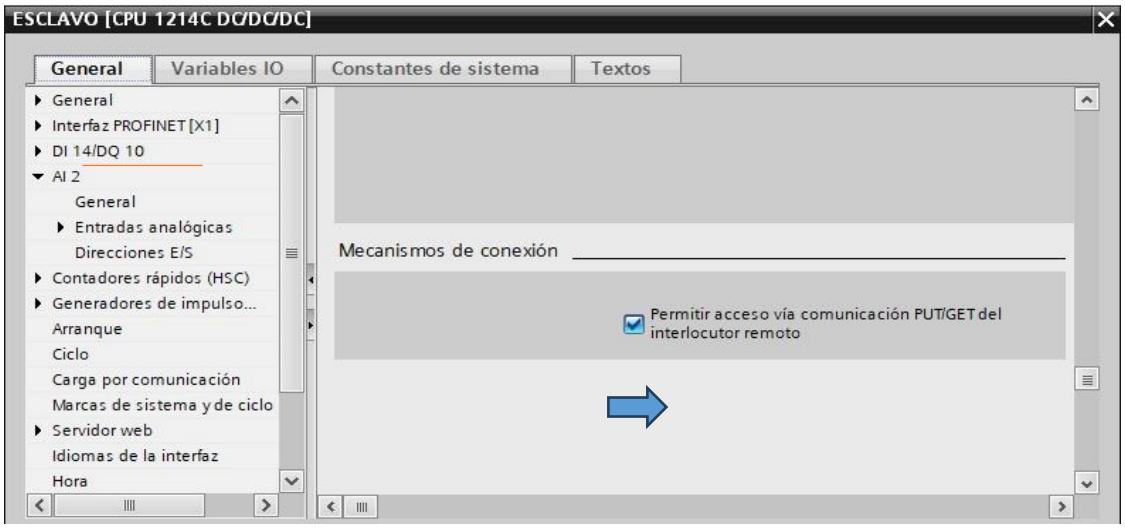
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Com
1	Clock_Byte	Tabla de variabl...	Byte	%MB100		✓	✓	✓	
2	Clock_10Hz	Tabla de variables e..	Bool	%M100.0		✓	✓	✓	
3	Clock_5Hz	Tabla de variables e..	Bool	%M100.1		✓	✓	✓	
4	Clock_2.5Hz	Tabla de variables e..	Bool	%M100.2		✓	✓	✓	
5	Clock_2Hz	Tabla de variables e..	Bool	%M100.3		✓	✓	✓	
6	Clock_1.25Hz	Tabla de variables e..	Bool	%M100.4		✓	✓	✓	
7	Clock_1Hz	Tabla de variables e..	Bool	%M100.5		✓	✓	✓	
8	Clock_0.625Hz	Tabla de variables e..	Bool	%M100.6		✓	✓	✓	
9	Clock_0.5Hz	Tabla de variables e..	Bool	%M100.7		✓	✓	✓	
10	<Agregar>					✓	✓	✓	

Nota. Se muestra las tablas de variables para la asignación de la programación.

En el PLC maestro, se dirige a la pestaña “general” y luego se activa la marca de ciclo y se asigna un número mayor a 50 para evitar conflictos con nuestra programación existente, figura 124.

Figura 124.

Marca del sistema y de ciclo

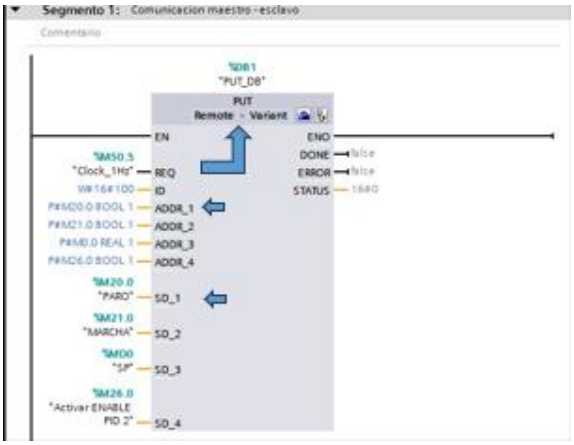


Nota. Permite la comunicación del PUT y GET.

Se crea el bloque PUT_ y se llena los campos necesarios, en la sección “REQ” se le asigna el “%M50.5”, en “ID” el valor de “w#16#100” para el “ADDR_1” al “ADDR_4”se asigna el campo de memoria del CPU y luego el “SD” donde se indcia el área de donde se va a enviar los datos, que es el “MARCHA”, “PARO”, “SP” y el “PID 2”, figura 125.

Figura 125.

Bloque PUT



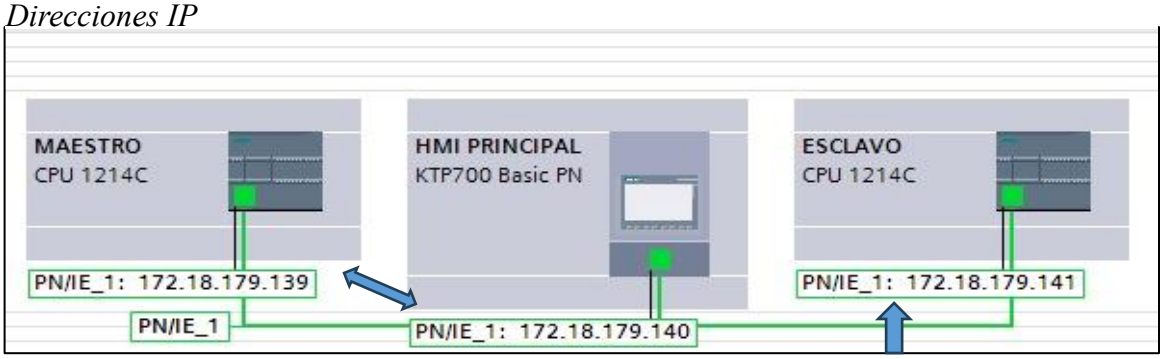
Nota. Se acepta los nombres del bloque PUT y se configura algunos parámetros.

12.7 Asignar direcciones IP

A continuación, se configuran las direcciones IP asignando los primeros tres octetos para establecer la red local, figura 126.

Figura 126.

Direcciones IP



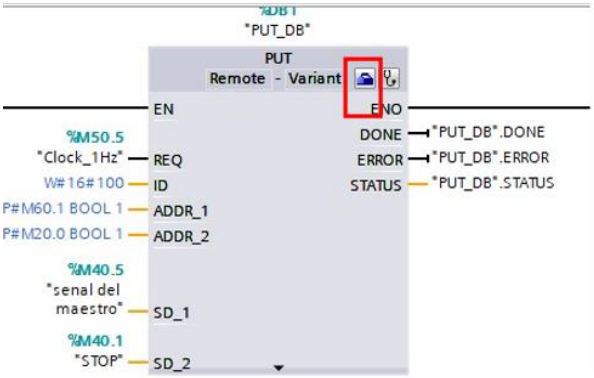
Nota. Se modifica las direcciones IP.

12.8 Comunicación entre Plc's

Para ello, se dirigió al bloque PUT, haciendo clic izquierdo en el icono del maletín. Al realizar, figura 127.

Figura 127.

Configuración del Bloque PUT

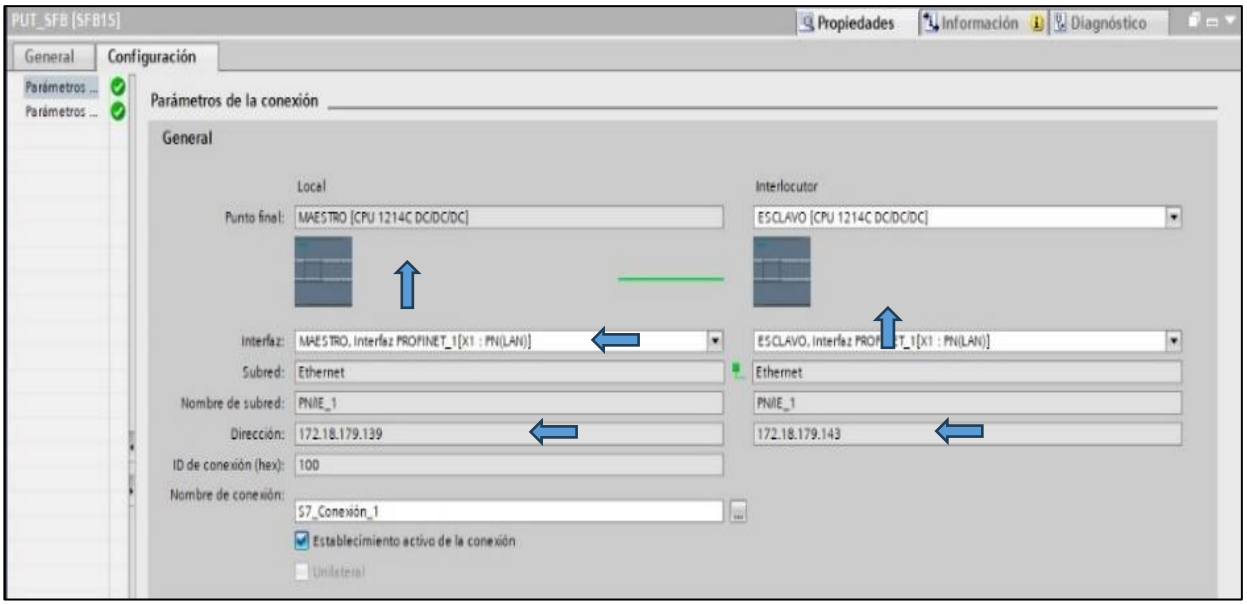


Nota. Indicación de configuración del bloque PUT para con llevar la programación

Se establece la comunicación entre los PLC maestro y esclavo para sincronizar y coordinar los procesos industriales, se dirige a "PROPIEDADES" se selecciona en "CONFIGURACION" luego a "PARAMETROS" y se configura el PLC Maestro y esclavo, en la figura 128.

Figura 128.

Comunicación entre PLC's



Nota. Se realiza la transferencia de datos.

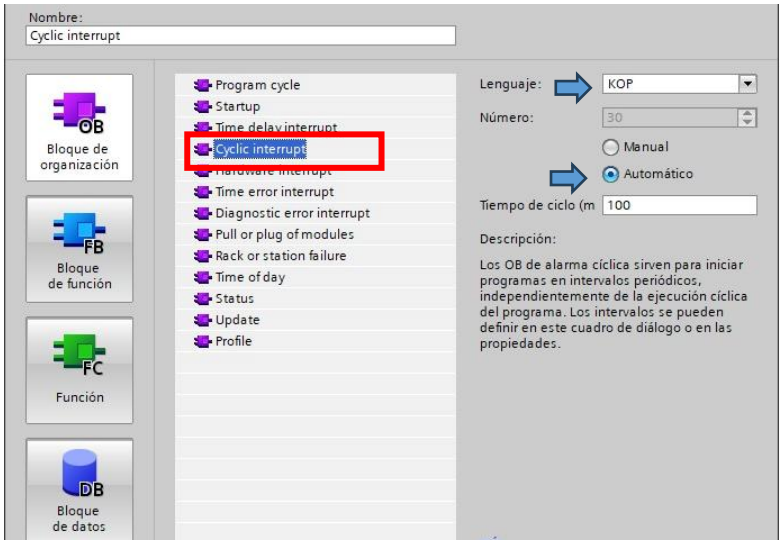
En interfaz sed busca el nombre del plc a asignar y el tipo de comunicación “Profinet” luego a dirección en este caso el maestro es el “172.18.179.139” para el maestro luego al PLC esclavo se hace el mismo paso, pero con la dirección “172.18.179.143”.

12.9 Creación del bloque LSIM

Se incorporará un nuevo bloque OB y se elegirá esta elección “Cyclic interrupt”, donde esta ordenación permite, bloque se ejecute automáticamente en intervalos regulares de tiempo con el lenguaje “KOP” y el tiempo de ciclo “100”,y seleccionar “AUTOMATICO” figura 129.

Figura 129.

Configuración Cyclic interrupt

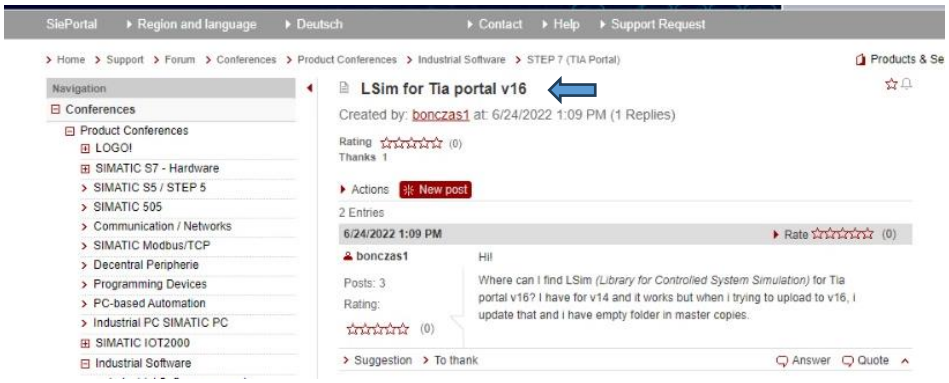


Nota. Se obtiene el bloque OB.

Para añadirla a la planta, se deberá acceder a la web de Siemens y descargar la carpeta “LSIM”, para poder obtener los archivos necesarios para la configuración y la integración de la planta en el sistema, figura 130.

Figura 130.

LSim for Tia portal V16



Nota. Se busca la Librería LSIM para poder realizar el respectivo funcionamiento. Fuente: (Siemens, 2024).

Al haber extraído la biblioteca, se consigue el archivo llamado v16 library, este archivo contiene la librería para importarla en el sistema, lo que permitirá acceder a los recursos y configuraciones específicos requeridos para la planta, figura 131.

Figura 131.

Attachment

Nota. Se descarga la librería para las especificaciones de la planta.

Para agregar los archivos, se deberá acceder a la librería, luego de seleccionar “librerías globales” y hacer clic en la opción abrir librería global, el procedimiento permite cargar la librería extraída en el sistema, haciéndola disponible para su uso y configuración dentro del entorno de trabajo, figura 132.

Figura 132.

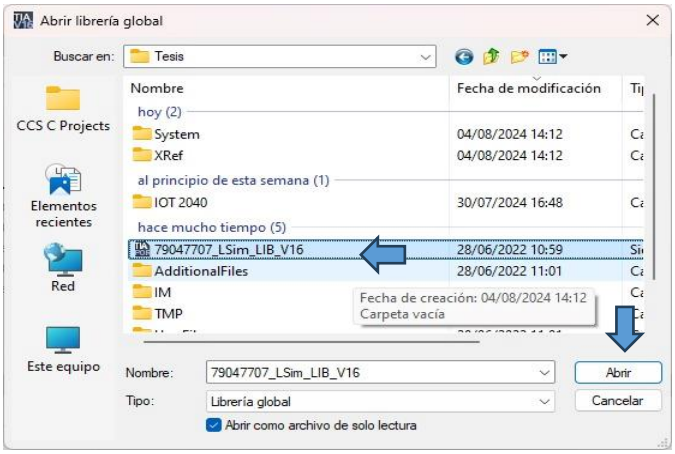
Librería Globales

Nota. Se busca la librera respectiva que se ha agregado.

Se deberá localizar el archivo que se descargó de la librería global se busca con el nombre “79047707_Lsim_LIB_V16” y luego se da en “ACEPTAR”, se procederá a importarlo al sistema según sea necesario, la figura 133.

Figura 133.

Proceso de descarga de la Librería

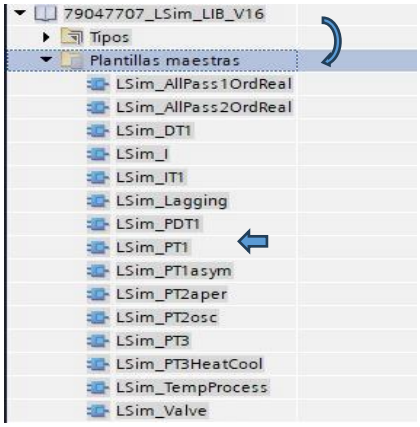


Nota. Se busca la librería y se visualiza el bloque LSIM PT1.

Se añadirá la librería denominada LSIM, se desglosa una carpeta llamada “TIPOS” y luego en “PLANTILLAS MAESTRAS” y luego el bloque “LSIM_PT1” el cual el proceso asegurará que ambos bloques trabajen juntos dentro del mismo entorno, figura 134.

Figura 134.

Entorno del bloque LSIM

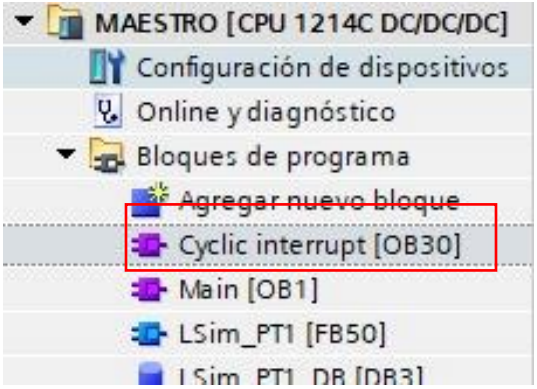


Nota. Resultado de variedad de librería LSIM.

Al agregar la librería, automáticamente se añaden los DB y FB en donde el DB se utiliza para definir los parámetros de la planta, esto facilita la configuración automática de los datos necesarios, figura 135.

Figura 135.

Parámetros



Nota. Se añade los DB Y FB.

A continuación, la tabla de variables con su respectivo tipo de datos, ya sea real o booleanos, con sus entradas y salidas respectivas, figura 136.

Figura 136.

Tabla de variables

LSim_PT1_DB

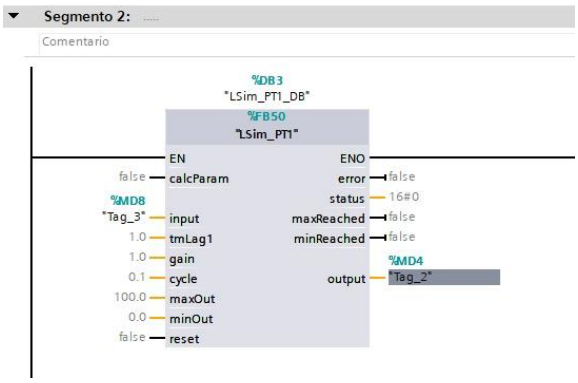
	Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ...	Valor de a...
1	Input							
2	calcParam	Bool	false		✓	✓	✓	
3	input	Real	0.0		✓	✓	✓	
4	tmLag1	Real	1.0		✓	✓	✓	
5	gain	Real	1.0		✓	✓	✓	
6	cycle	Real	0.1		✓	✓	✓	
7	maxOut	Real	100.0		✓	✓	✓	
8	minOut	Real	0.0		✓	✓	✓	
9	reset	Bool	false		✓	✓	✓	
10	Output							
11	error	Bool	false		✓	✓	✓	
12	status	Word	16#0		✓	✓	✓	
13	maxReached	Bool	false		✓	✓	✓	
14	minReached	Bool	false		✓	✓	✓	
15	output	Real	0.0		✓	✓	✓	
16	InOut							
17	Static							
18	statRf1	Real	0.0		✓	✓	✓	
19	statRe1	Real	0.0		✓	✓	✓	
20	statOverfirst	Bool	false		✓	✓	✓	
21	statOutput	Real	0.0		✓	✓	✓	

Nota. Contenidos de las tablas de variables

Se agregará las siguientes marcas para el setpoint, entradas, salidas, el mínimo y el máximo que en este caso es el rango del 0-100 y luego en “input” con el “%MD8” y su salida en el “output” con el “”MD4”, figura 137.

Figura 137.

Marca del bloque



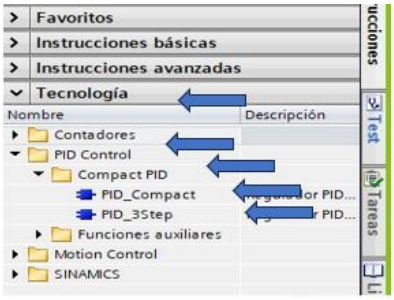
Nota. Se muestra el bloque LSIM con sus respectivas marcas.

12.9.1 Configuración del bloque PID COMPACT

Se agregó el PID COMPACT al tiempo interrumpido dirigiéndose al apartado de instrucciones, luego seleccionando “tecnología”, seguido de “PID control”, y finalmente “PID Compact”, este proceso es para integrar el control PID en la secuencia de programación, asegurando que el sistema respondiera correctamente a las variaciones en el proceso, figura 138.

Figura 138.

Ventana del PID Compact

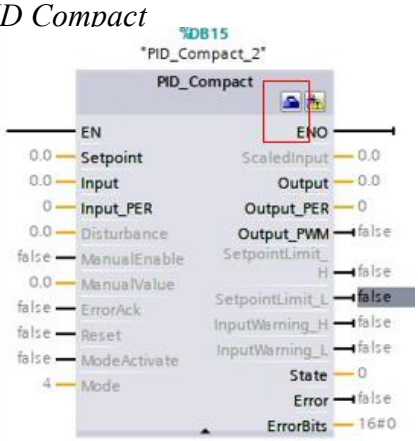


Nota. Indicaciones para poder añadir el Bloque PID Compact al segmento.

Por lo siguiente, se dirigió al icono del maletín, lo que abrió una ventana donde se configuraron los ajustes básicos, las entradas y salidas, así como los parámetros del PID, para establecer las configuraciones necesarias y garantizar que el sistema funcionara de acuerdo con los requisitos establecidos, figura 139.

Figura 139.

Bloque PID Compact



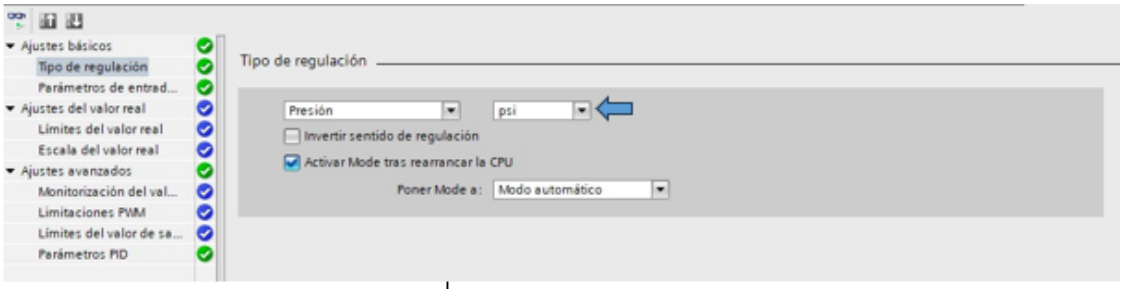
Nota. Imagen de las configuraciones del PID Compact.

Por lo siguiente se dirige al maletín el cual nos abre una ventana en donde se configura ellos ajustes básicos los entradas y salida y los parámetros del PID luego se cambia e tipo de regulación que es “PRESION” y en “PSI”, para configurar el PID COMPACT.

Se determinaron los valores deseados para los parámetros Proporcional (P), Integral (I) y Derivativo (D) basados en las características del sistema. Luego, se ajustó el valor de Kp para regular la respuesta al error, Ki para eliminar el error en estado estacionario, y Kd para reducir las oscilaciones y mejorar la estabilidad, figura 140.

Figura 140.

PID COMPACT

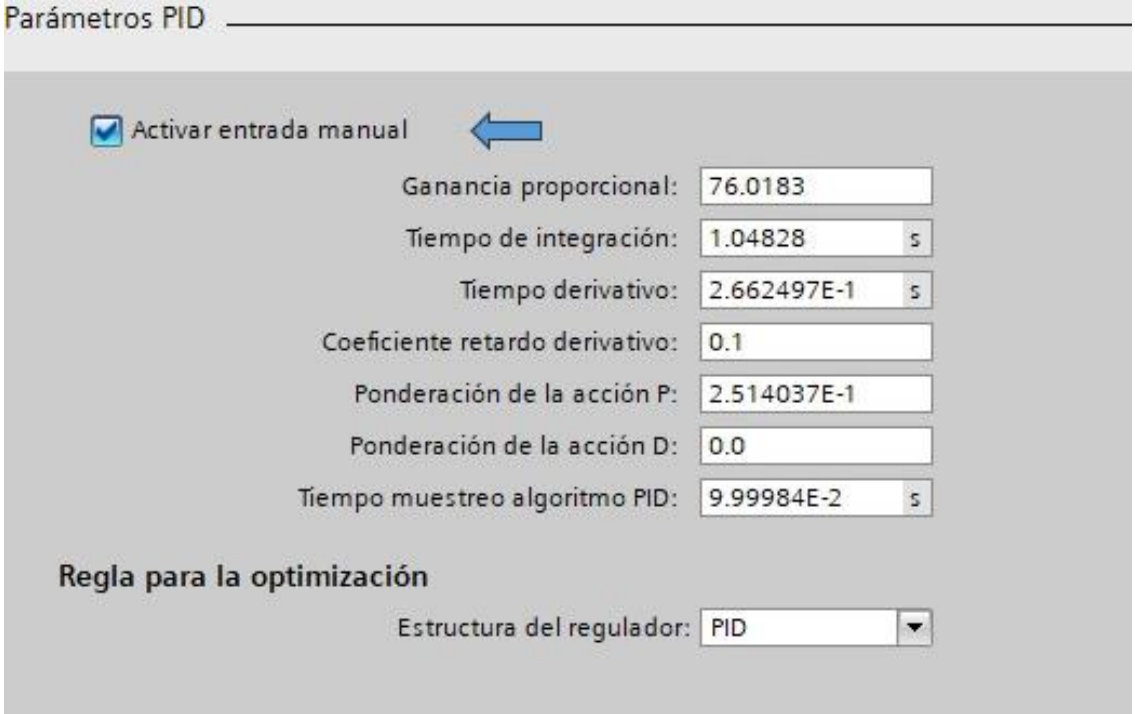


Nota. Tipo de regulación del PID.

Se realiza la misma configuración en el PLC esclavo, con la diferencia de que este recibe una señal del maestro para activar el PID Compact del esclavo co la oocion de actuvar su entrada manual. Esta comunicación se lleva a cabo mediante la comunicación PUT/GET, figura 141.

Figura 141.

Parámetros PID



Nota. Parámetros PID COMPACT**.**

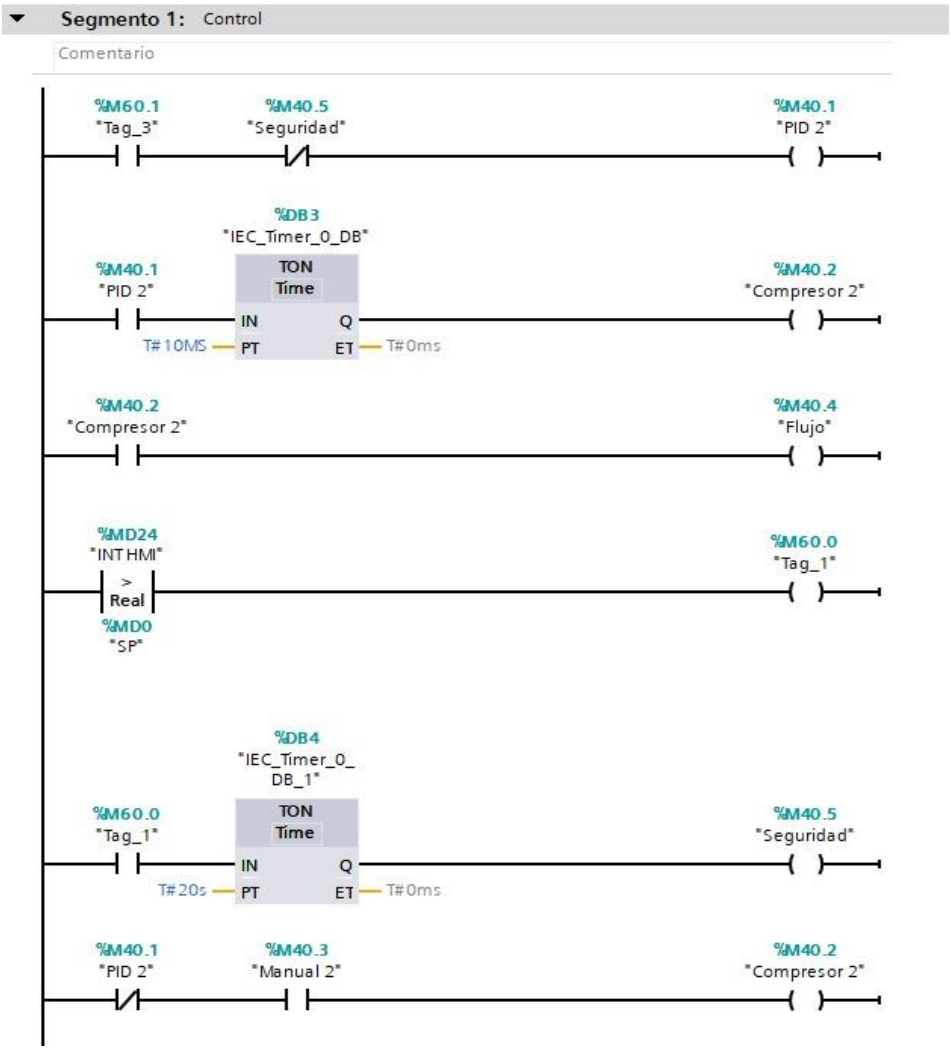
12.9.2 Configuración del PLC esclavo

En la parte correspondiente al segmento 1 que es el control en la programación, en la primera línea se mostró la recepción de una señal que indica la comunicación del maestro al esclavo. En la segunda línea, se colocó un temporizador para iniciar el simulador, permitiendo simular un arranque en vacío.

En la línea cuatro y cinco, se implementó una función de seguridad que monitoreó la entrada de PSI (presión), si esta superaba el setpoint durante más de 20 segundos, se habilita una alarma y, automáticamente, se apaga el control PID por razones de seguridad. En la última línea, se añadió un contacto para que el usuario pudiera controlar manualmente el sistema, lo que permitió verificar la funcionalidad del compresor, figura 142.

Figura 142.

Segmento 1_ control

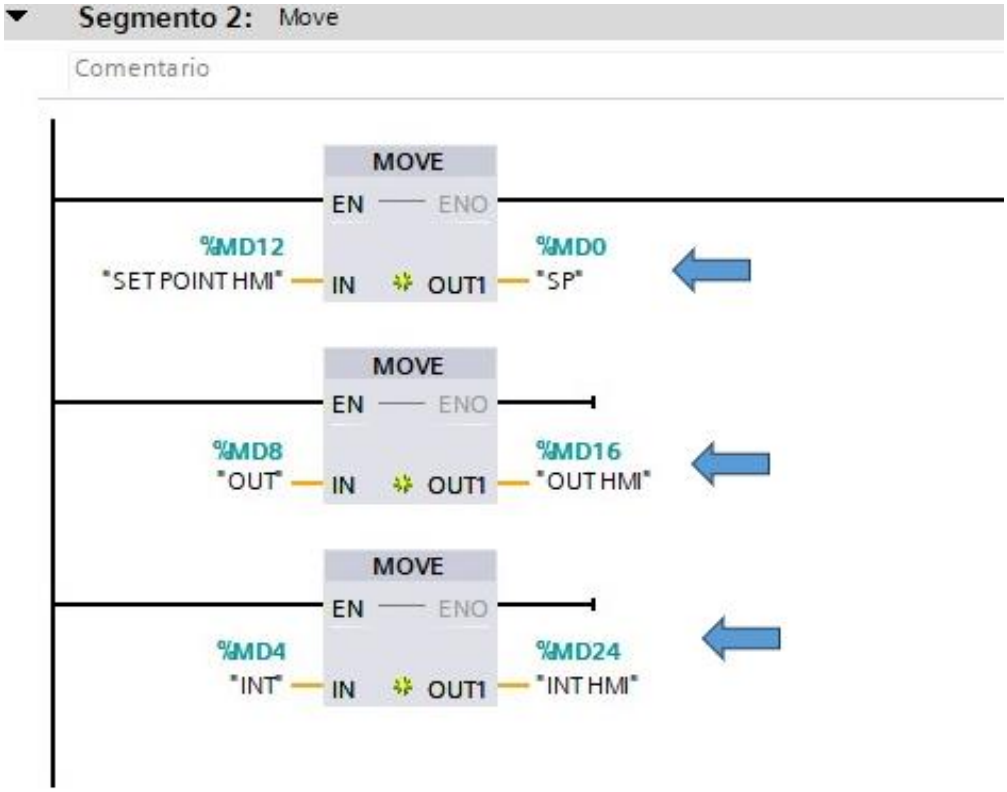


Nota. Programación general del segmento 1 del Esclavo.

En la figura siguiente, el bloque MOVE se utilizó para trasladar una variable a otra en su entrada se coloca el %MD12" que es el set point HMI y su salida al "%MD0" se realiza el mismo paso al demás bloque con la diferencia de que cada bloque tiene su variable diferente como es el "%MD8", EL %MD16", "%MD4", "%MD24" facilitando así el control del PID. Este proceso fue necesario para que la variable pudiera ser visualizada y manipulada en el HMI (Interfaz Hombre-Máquina), figura 143.

Figura 143.

Segmento 2_MOVE



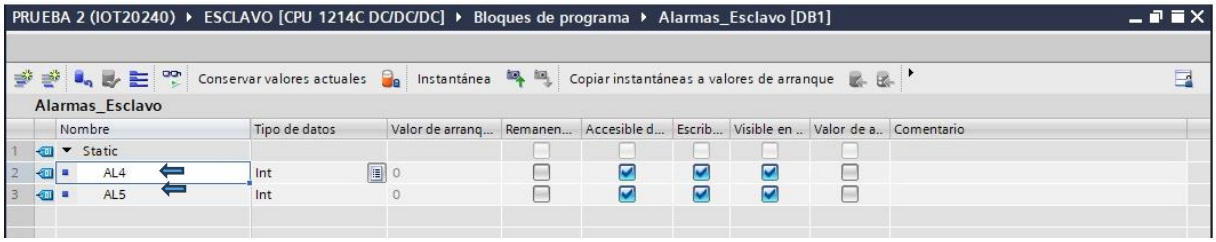
Nota. Traslación de datos de una variable a otra con el bloque MOVE.

Se creó un DB dirigiéndose al bloque de programas y seleccionando la opción de agregar un nuevo bloque, allí, se eligió el bloque de datos, que correspondió al DB que se necesitaba. al para almacenar y gestionar los datos necesarios para el control.

Se agregaron las variables correspondientes a las dos alarmas, para ello, se hizo clic derecho e insertó una fila para cada variable, nombrándolas como “AL4” y “AL5” y el tipo de datos para ambas variables fue definido como entero. El cual permitió establecer las alarmas necesarias dentro del bloque de datos para el control del sistema, figura 144.

Figura 144.

configuracion del bloque DB

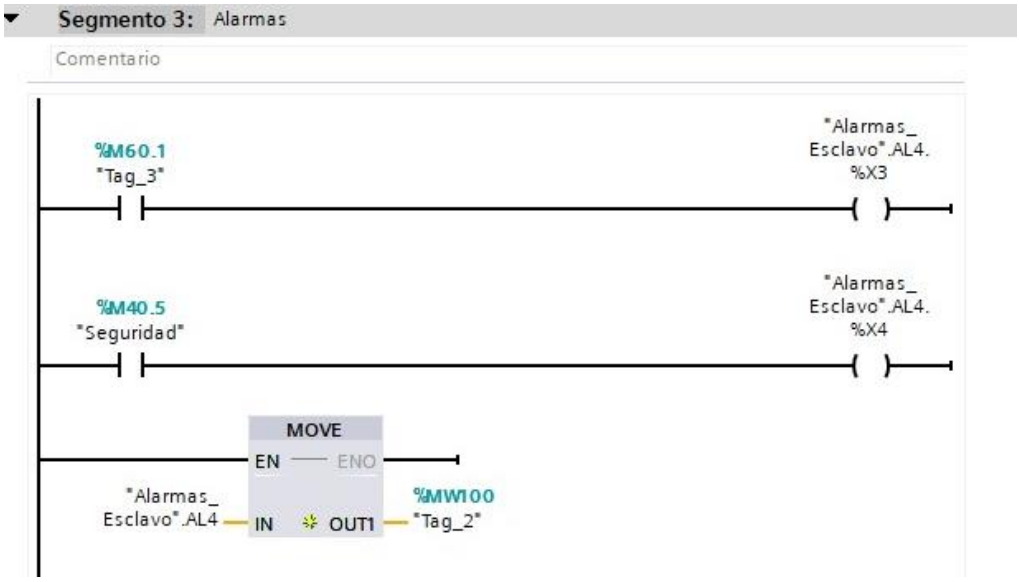


Nota. Creación de las dos alarmas en el bloque DB en datos enteros.

En el segmento 3, el sistema de alarma se configuró para que el usuario pudiera observar tanto las alarmas como el estado del compresor a través del HMI y este sistema facilitó la supervisión y el control del funcionamiento del compresor, permitiendo al usuario identificar cualquier problema o alerta en tiempo real, figura 145.

Figura 145.

Segmento 3_ alarmas



Nota. Programación de alarmas en el main de Esclavo

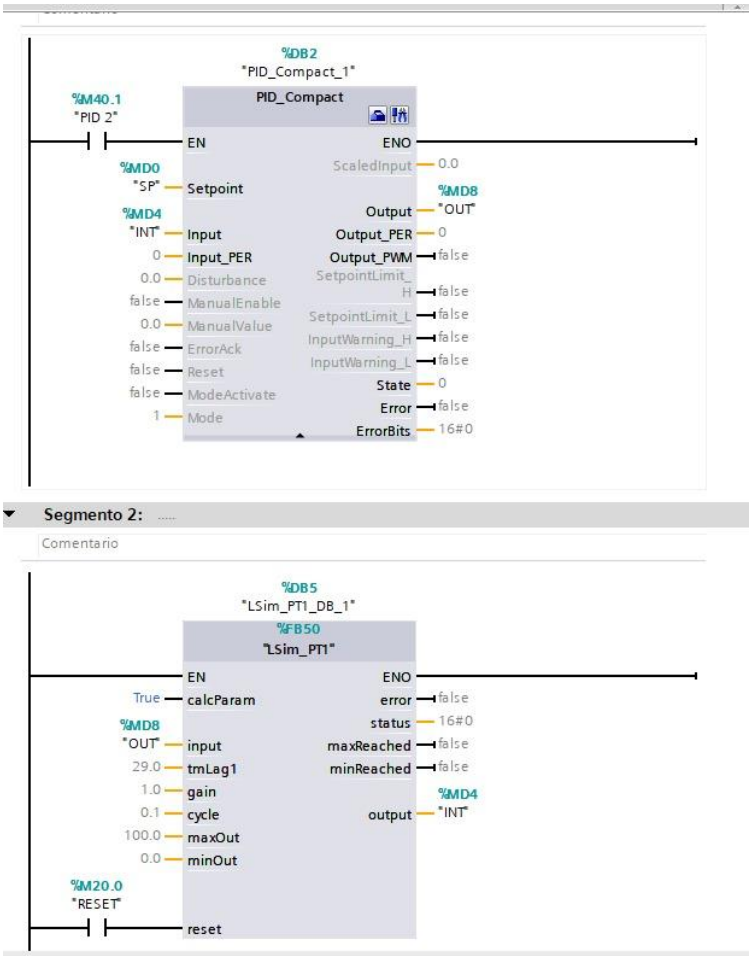
12.9.3 Configuración en el PLC maestro

Se dirigió al ciclo interrumpido del esclavo, donde se agregó el PID Compact en el segmento 1, en el apartado del setpoint, se asignó MD0 como "SP", permitiendo que el usuario manipule esta variable a través del HMI y, además se configuró MD4 como la entrada y MD8 como la salida del control PID.

En el segmento 2, se mostró la planta simulada, donde se colocaron los parámetros de manera automática. Esta simulación ayudó a obtener los valores necesarios para ajustar el control PID y el botón de reset se utilizó para reiniciar la planta del control PID, figura 146,

Figura 146.

Segmento 1 PID Compact y Segmento 2 LSim

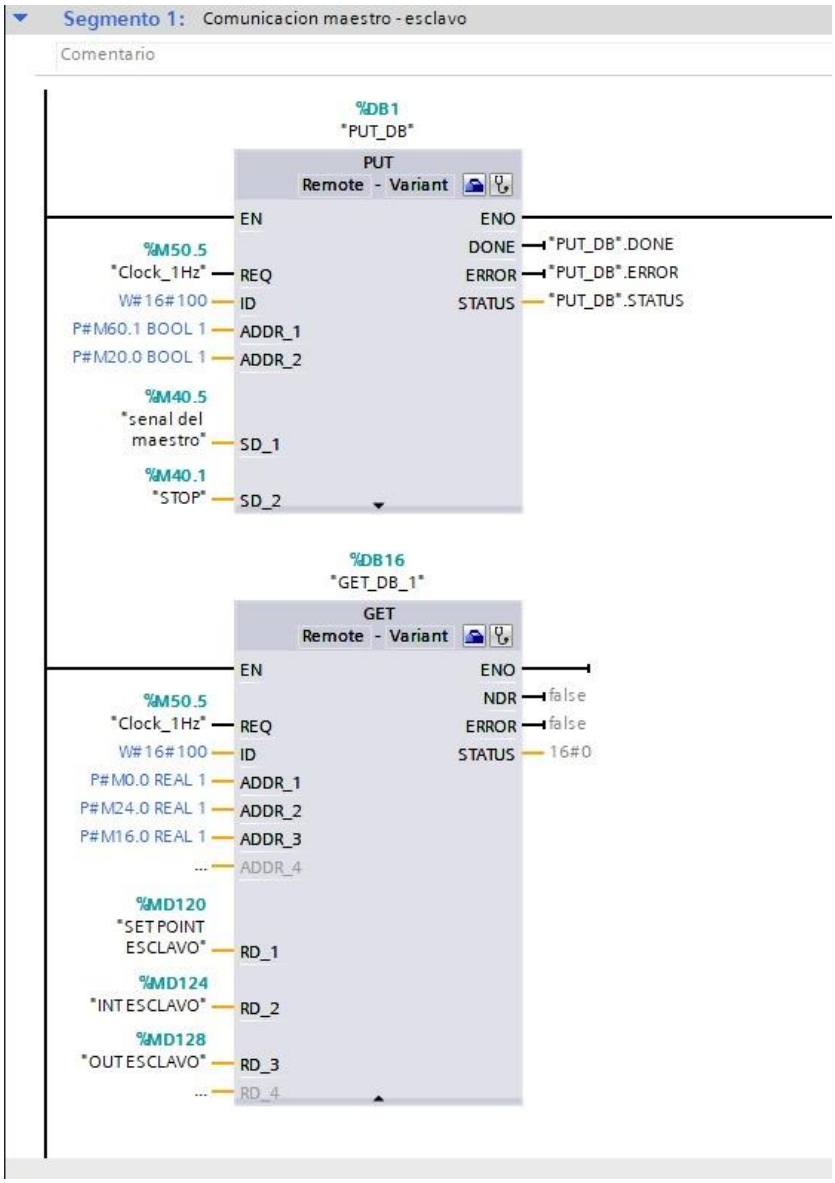


Nota. Creación de la programación del Bloque PID Compact y LSim del Maestro.

En esta sección, se añadieron los bloques PUT y GET. El bloque PUT se encargó de enviar los datos que activan el PID 2 y el paro general, transmitiendo datos booleanos y por otro lado, el bloque GET recibió la variable del PID, en este caso, las salidas del PID esclavo, recibiendo los datos en formato real. Este proceso permitió la correcta transmisión y recepción de datos entre los diferentes componentes del sistema, figura 147.

Figura 147.

BLoques PUT y GET



Nota. Programación del bloque PUT y GET.

Además, se ha implementado una condición que activa el controlador PID 2 en el PLC esclavo cuando el valor de IW67 supera los 10000.0 de oscilación, la medida permitirá gestionar automáticamente situaciones donde se requiere un ajuste adicional del proceso, figura 148.

Figura 148.

Bloques Normalizar y Escalar

Nota. Se realiza la conversión y se escala los valores de entero a real.

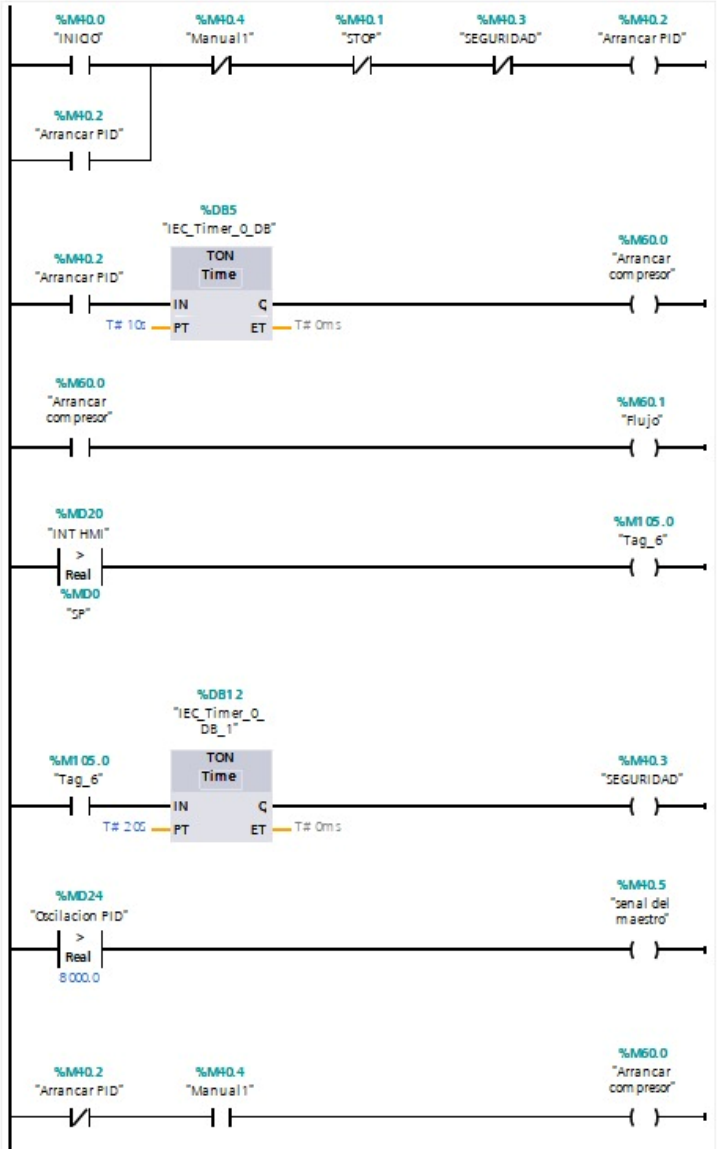
Se implementó un enclavamiento que incluye seguridad y control PID, cuando se realiza un control manual, el control PID se apaga y se añadió un temporizador de 10 segundos para simular un arranque en vacío.

En la línea 5, se estableció una medida de seguridad y si la entrada del setpoint es mayor durante 20 segundos, se abre el circuito para detener el control PID.

Un detalle importante es que el sistema presenta una oscilación que se controla mediante un potenciómetro físico, simulando así una demanda de la planta y si esta demanda supera 800, se activa el PID 2 del esclavo, figura 149.

Figura 149.

Programación general del main Maestro

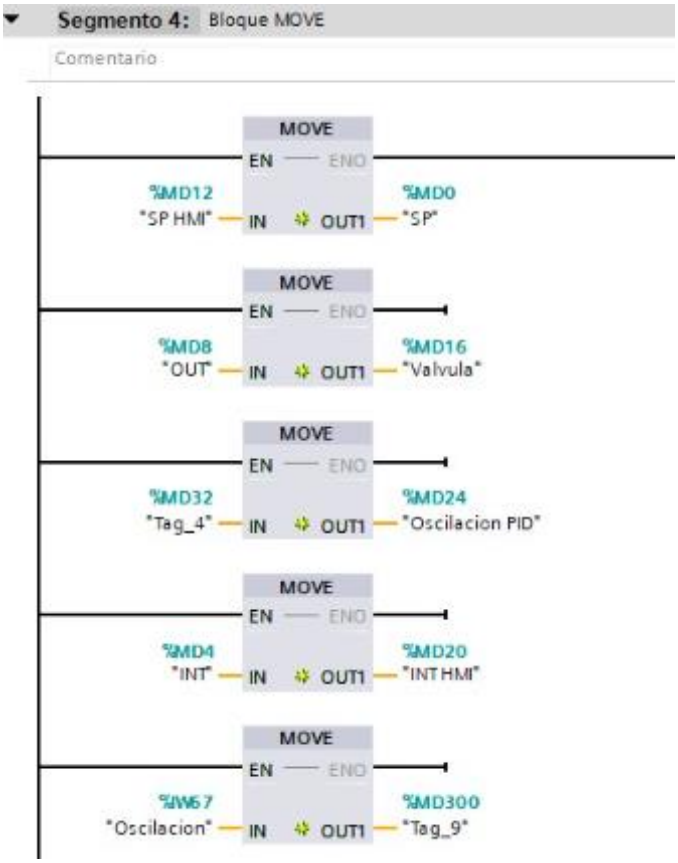


Nota. Programación general de la oscilación del PID

Luego, en el segmento 4, se añadieron los bloques MOVE para transferir variables entre las mismas áreas de datos y facilitó la identificación y gestión de las variables en el HMI, permitiendo una mejor visualización y seguimiento de la información dentro del sistema, figura 150.

Figura 150.

Segmento 4 del Maestro Bloque Move



Nota. Intercambios de variables en el main de Maestro.

A continuación, se creó un bloque DB para las alarmas del maestro. En este bloque, se insertaron filas para las alarmas AL1, AL2, AL3, AL6 y AL7, todas con el tipo de dato definido como entero, el cual permitió gestionar y almacenar las alarmas de manera organizada, facilitando su uso y seguimiento en el sistema, figura 151.

Figura 151.

Alarmas del Maestro

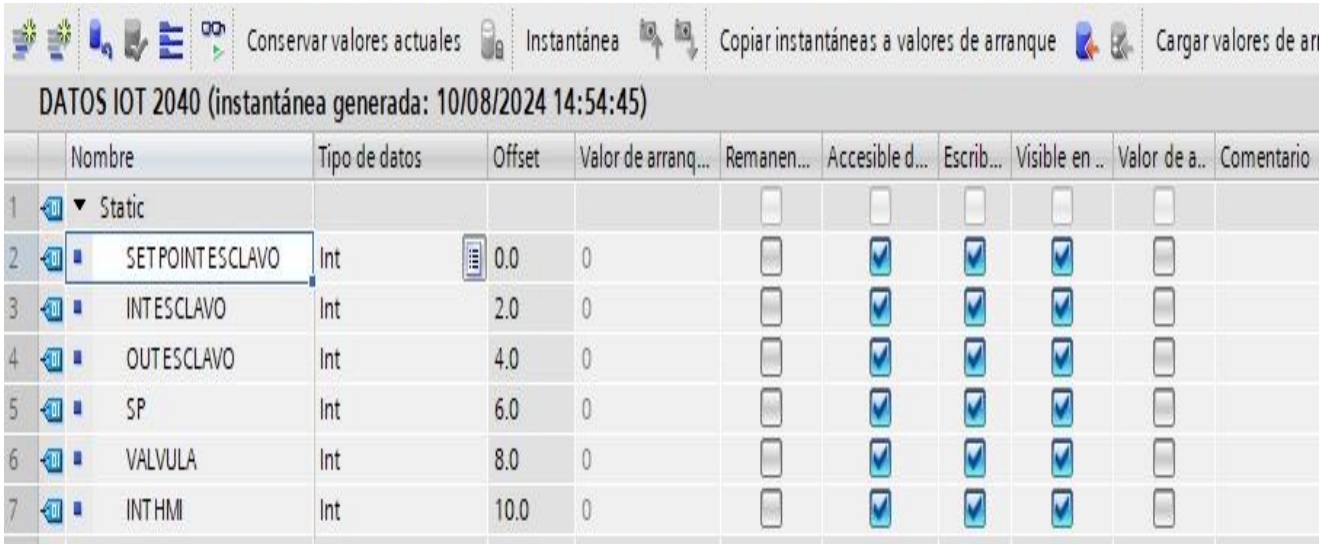
	Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ...	Valor de a...	Comentario
1	Static								
2	AL1	Int	0		☑	☑	☑		
3	AL2	Int	0		☑	☑	☑		
4	AL3	Int	0		☑	☑	☑		
5	AL6	Int	0		☑	☑	☑		
6	AL7	Int	0		☑	☑	☑		

Nota. Programación de las alarmas del main Maestros para visualizarlos en el HMI.

Al compilar el sistema, se asignaron automáticamente los offsets, que correspondieron a las direcciones de memoria para cada variable, el cual permitió que las variables y alarmas fueran correctamente ubicadas y gestionadas dentro del bloque DB, asegurando un acceso y manipulación precisos de los datos, figura 152.

Figura 152.

Datos IOT



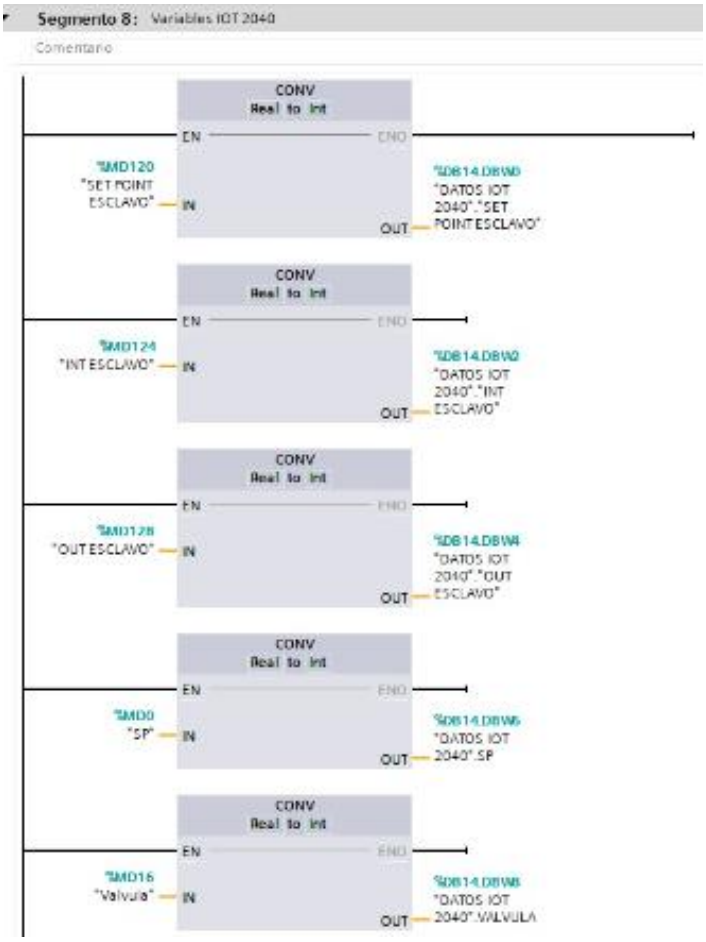
Nota. Asignación de las direcciones de memorias para cada variable.

Se recibieron los datos del main, y dado que estos datos eran reales, se convirtieron en enteros para facilitar su uso en Node-RED. Esta conversión permitió que los datos pudieran ser manejados adecuadamente en el entorno de Node-RED.

Se asignó una dirección específica para esta conversión, lo que facilitó la comunicación entre el sistema y Node-RED, figura 153.

Figura 153.

Segmento 8 Variables IOT



Nota. Programación de las variables del IOT en conversión de reales a enteros y comunicación con la Node-Red.

RECURSOS UTILIZADOS

- PLC S7 1200
- HMI
- PROGRAMA TIA PORTAL

E. RESULTADOS

En la figura 154 y 155 se puede apreciar el funcionamiento de la práctica, el PLC en RUN cargada su respectiva configuración, la interfaz adecuada para cada variable para su respectivo funcionamiento.

Figura 154.

Resultados

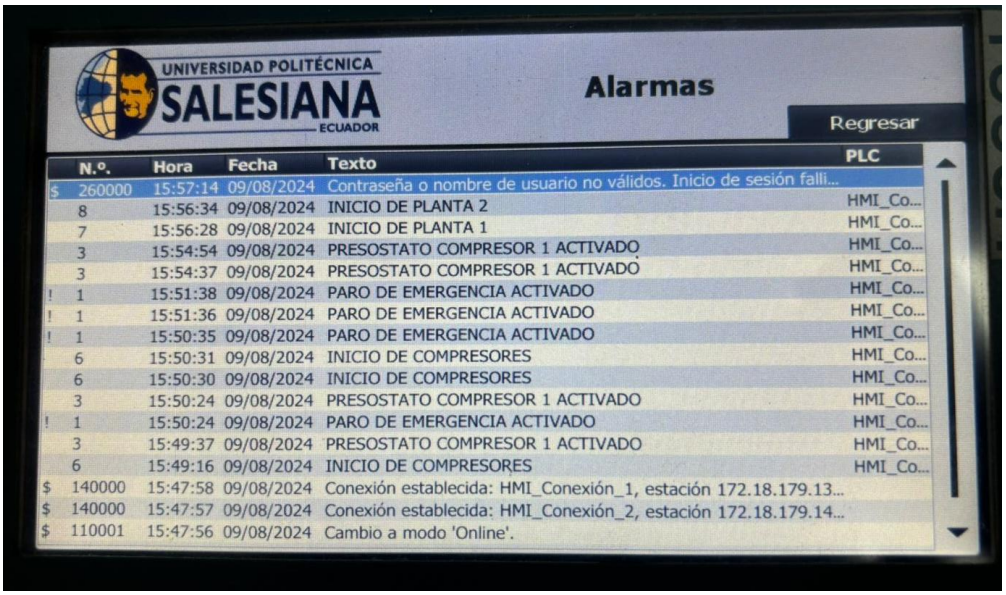
Figura 155.

Resultados

F. ANEXOS

Figura 156.

Resultados de alarmas.



	N.º.	Hora	Fecha	Texto	PLC
$	260000	15:57:14	09/08/2024	Contraseña o nombre de usuario no válidos. Inicio de sesión falli...	
	8	15:56:34	09/08/2024	INICIO DE PLANTA 2	HMI_Co...
	7	15:56:28	09/08/2024	INICIO DE PLANTA 1	HMI_Co...
	3	15:54:54	09/08/2024	PRESOSTATO COMPRESOR 1 ACTIVADO	HMI_Co...
	3	15:54:37	09/08/2024	PRESOSTATO COMPRESOR 1 ACTIVADO	HMI_Co...
!	1	15:51:38	09/08/2024	PARO DE EMERGENCIA ACTIVADO	HMI_Co...
!	1	15:51:36	09/08/2024	PARO DE EMERGENCIA ACTIVADO	HMI_Co...
!	1	15:50:35	09/08/2024	PARO DE EMERGENCIA ACTIVADO	HMI_Co...
	6	15:50:31	09/08/2024	INICIO DE COMPRESORES	HMI_Co...
	6	15:50:30	09/08/2024	INICIO DE COMPRESORES	HMI_Co...
	3	15:50:24	09/08/2024	PRESOSTATO COMPRESOR 1 ACTIVADO	HMI_Co...
!	1	15:50:24	09/08/2024	PARO DE EMERGENCIA ACTIVADO	HMI_Co...
	3	15:49:37	09/08/2024	PRESOSTATO COMPRESOR 1 ACTIVADO	HMI_Co...
	6	15:49:16	09/08/2024	INICIO DE COMPRESORES	HMI_Co...
$	140000	15:47:58	09/08/2024	Conexión establecida: HMI_Conexión_1, estación 172.18.179.13...	
$	140000	15:47:57	09/08/2024	Conexión establecida: HMI_Conexión_2, estación 172.18.179.14...	
$	110001	15:47:56	09/08/2024	Cambio a modo 'Online'.	

Figura 157.

Ventana HMI del setpoint

A. OBJETIVO GENERAL

- Establecer una conexión entre el nodo de red y el dashboard, permitiendo la visualización en tiempo real de los datos recopilados y el análisis posterior para la toma de decisiones informadas.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Configurar la infraestructura de red necesaria para garantizar una comunicación estable y de bajo latencia entre el nodo y el dashboard.
- Desarrollar una interfaz de usuario intuitiva en el dashboard que permita visualizar de manera clara y concisa los datos relevantes para la operación del sistema.
- Implementar herramientas de análisis de datos que faciliten la identificación de patrones, tendencias y anomalías en los datos recopilados.

C. MARCO TEÓRICO

Profinet

Process FIeld NETwork más conocido como PROFINET es uno de los protocolos de comunicación que está vigente en las industrias, no obstante, su funcionalidad es conectar sensores, motores y otros dispositivos electrónicos, Este sistema está basado en Ethernet por su grande rendimiento debido que proporciona una alta velocidad de comunicación y además tiene compatibilidad con otros protocolos como el TCP-UDP/IP, SNMP entre otros (Comunicación, 2023).

Node red

Una plataforma de código abierto que opera mediante una estructura nodal, donde cada nodo recopila datos y los transmite al siguiente. Su objetivo es establecer una red de

intercambio de información que facilite el flujo continuo de datos entre los nodos. Permite la configuración de flujos de datos complejos a través de la conexión de nodos y la especificación de la lógica de procesamiento en un entorno gráfico, como se observa en la Figura 10 (Node-RED, 2023).

PLC S7-1200

Es un dispositivo industrial que emplea la ingeniería para automatizar procesos, con el propósito de lograr que las máquinas operen todos sus componentes. Debido a estas ventajas, los Controladores Lógicos Programables (PLC) se han vuelto esenciales para el avance tecnológico de las industrias y la sociedad en su conjunto (INDUSTRIASGLS, 2021).

HMI

Es un panel de control que logra conectar a la persona con la maquina es comúnmente, así como se observa en la Figura 3, es usado en las industrias para que optimizar procesos digitalizando y centrando datos, gracias a esto los operadores pueden ver mensajes importantes en gráficos, ver y gestionar alertas (euroinnova, 2024).

D. MARCO FUNDAMENTAL

Configuración de node red

Dentro del PLC principal, se estructuró un bloque de datos de alcance global “DB global”, este elemento de programación proporciona una organización lógica y jerárquica para los datos que necesitan ser compartidos entre diferentes módulos o tareas del programa, facilitando así la lectura, escritura y modificación de dichos datos.

Se procedió a la parametrización del sistema mediante la asignación de los valores correspondientes al setpoint, las variables de entrada y salida del dispositivo esclavo, así

como las variables asociadas a la interfaz de usuario. Estos datos, ingresados en el entorno de programación, configuraron el comportamiento del sistema y establecieron los límites operativos, asegurando una comunicación efectiva entre los distintos componentes y una adecuada visualización de los procesos en la interfaz humana, figura 158.

Figura 158.

Datos IOT 2040

PRUEBA 2 (IOT20240) ▸ MAESTRO [CPU 1214C DC/DC/DC] ▸ Bloques de programa ▸ DATOS IOT 2040 [DB14]

Conservar valores actuales | Instantánea | Copiar instantáneas a valores de arranque | Cargar valores de ar

DATOS IOT 2040 (instantánea generada: 10/08/2024 14:54:45)

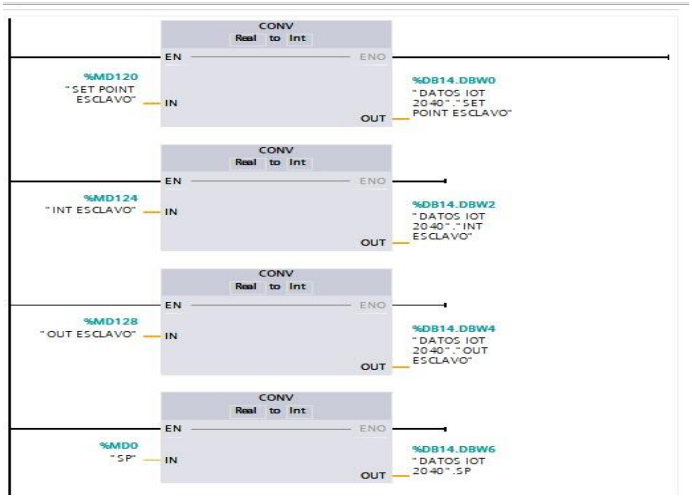
	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ...	Valor de a...	Comentario
1	Static									
2	SETPOINTESCLAVO	Int	0.0	0		✓	✓	✓		
3	INTESCLAVO	Int	2.0	0		✓	✓	✓		
4	OUTESCLAVO	Int	4.0	0		✓	✓	✓		
5	SP	Int	6.0	0		✓	✓	✓		
6	VALVULA	Int	8.0	0		✓	✓	✓		
7	INTHMI	Int	10.0	0		✓	✓	✓		

Nota. Se muestra la parametrización de entradas y salidas con sus tipos de datos.

Se integró un bloque CONV al sistema para convertir valores de real a entero, lo que permitió definir direcciones personalizadas en cada bloque, se ingresaron los valores de las entradas, como "SET POINT ESCLAVO", "INT ESCLAVO" y "OUT ESCLAVO", para realizar la conversión en las salidas de los datos en donde estos datos convertidos se utilizarán como referencia en el software de programación Node-RED, figura 159.

Figura 159.

Bloque CONV

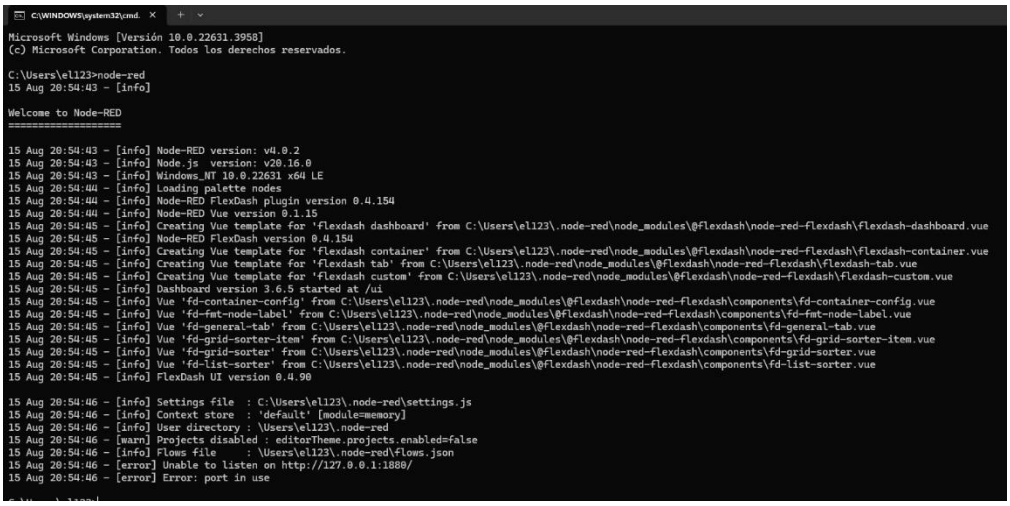


Nota. Se muestra los bloques de conversión para la configuración al node red.

Para comenzar la configuración, se abrirá la línea de comandos y se escribirá "node-red", lo que iniciará la aplicación de configuración, figura 160.

Figura 160.

CMD del Node- Red



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.
Microsoft Windows [Versión 10.0.22631.3958]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\el123>node-red
15 Aug 20:54:43 - [info]

Welcome to Node-RED
===================

15 Aug 20:54:43 - [info] Node-RED version: v4.0.2
15 Aug 20:54:43 - [info] Node.js  version: v20.16.0
15 Aug 20:54:43 - [info] Windows_NT 10.0.22631 x64 LE
15 Aug 20:54:44 - [info] Loading palette nodes
15 Aug 20:54:44 - [info] Node-RED FlexDash plugin version 0.4.154
15 Aug 20:54:44 - [info] Node-RED Vue version 0.1.15
15 Aug 20:54:45 - [info] Creating Vue template for 'flexdash dashboard' from C:\Users\el123\.node-red\node_modules\@flexdash\node-red-flexdash\flexdash-dashboard.vue
15 Aug 20:54:45 - [info] Node-RED FlexDash version 0.4.154
15 Aug 20:54:45 - [info] Creating Vue template for 'flexdash container' from C:\Users\el123\.node-red\node_modules\@flexdash\node-red-flexdash\flexdash-container.vue
15 Aug 20:54:45 - [info] Creating Vue template for 'flexdash tab' from C:\Users\el123\.node-red\node_modules\@flexdash\node-red-flexdash\flexdash-tab.vue
15 Aug 20:54:45 - [info] Creating Vue template for 'flexdash custom' from C:\Users\el123\.node-red\node_modules\@flexdash\node-red-flexdash\flexdash-custom.vue
15 Aug 20:54:45 - [info] Dashboard version 3.6.5 started at /ui
15 Aug 20:54:45 - [info] Vue 'fd-container-config' from C:\Users\el123\.node-red\node_modules\@flexdash\node-red-flexdash\components\fd-container-config.vue
15 Aug 20:54:45 - [info] Vue 'fd-fmt-node-label' from C:\Users\el123\.node-red\node_modules\@flexdash\node-red-flexdash\components\fd-fmt-node-label.vue
15 Aug 20:54:45 - [info] Vue 'fd-general-tab' from C:\Users\el123\.node-red\node_modules\@flexdash\node-red-flexdash\components\fd-general-tab.vue
15 Aug 20:54:45 - [info] Vue 'fd-grid-sorter-item' from C:\Users\el123\.node-red\node_modules\@flexdash\node-red-flexdash\components\fd-grid-sorter-item.vue
15 Aug 20:54:45 - [info] Vue 'fd-grid-sorter' from C:\Users\el123\.node-red\node_modules\@flexdash\node-red-flexdash\components\fd-grid-sorter.vue
15 Aug 20:54:45 - [info] Vue 'fd-list-sorter' from C:\Users\el123\.node-red\node_modules\@flexdash\node-red-flexdash\components\fd-list-sorter.vue
15 Aug 20:54:45 - [info] FlexDash UI version 0.4.90

15 Aug 20:54:46 - [info] Settings file  : C:\Users\el123\.node-red\settings.js
15 Aug 20:54:46 - [info] Context store  : 'default' [module=memory]
15 Aug 20:54:46 - [info] User directory : \Users\el123\.node-red
15 Aug 20:54:46 - [warn] Projects disabled : editorTheme.projects.enabled=false
15 Aug 20:54:46 - [info] Flows file     : \Users\el123\.node-red\flows.json
15 Aug 20:54:46 - [error] Unable to listen on http://127.0.0.1:1880/
15 Aug 20:54:46 - [error] Error: port in use
```

Nota. Se muestra observa el inicio de la proporción del node red.

Mediante la introducción de la dirección web, el usuario inicia una solicitud al servidor para obtener los recursos necesarios y mostrar la página web correspondiente, como se observa en las figuras 161 y 162.

Figura 161.

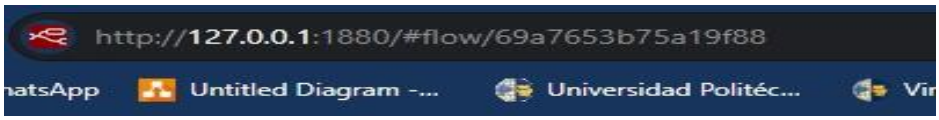
Server Node red

```
15 Aug 20:44:11 - [info] Server now running at http://127.0.0.1:1880/
```

Nota. Se muestra la dirección para poder realizar el node red.

Figura 162.

Página web node red

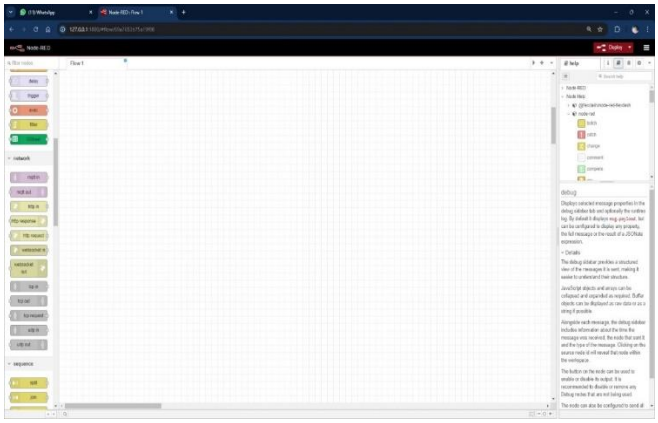


Nota. Se muestra la página web para poder realizar el node red.

Una vez introducida la URL en el navegador, se inicia la aplicación Node-RED, permitiendo visualizar de manera gráfica todos los nodos y flujos configurados previamente para la ejecución de la tarea, figura 163.

Figura 163.

Página de la Node Red



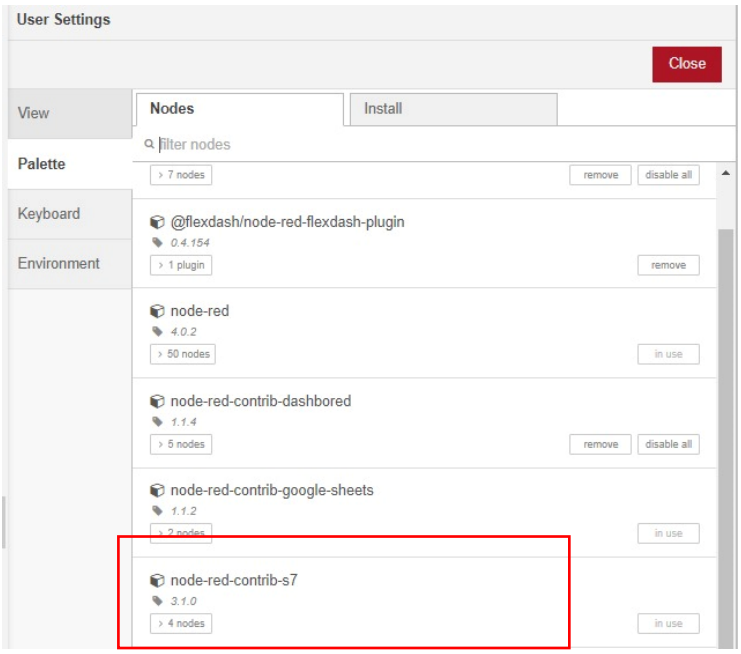
Nota. Se muestra el menú del node red.

12.9.4 Integración con el flujo de Node-RED

Para extender las capacidades de Node-RED y permitir la interacción con sistemas PLC S7, se descargó la librería complementaria “NODE-RED-CONTRIB-S7”, esta biblioteca de terceros proporciona los nodos y funciones necesarios para establecer una comunicación efectiva con los autómatas programables Siemens, facilitando así la integración de estos dispositivos en los flujos de trabajo automatizados de Node-RED, figura 164.

Figura 164.

Ajuste de Usuario



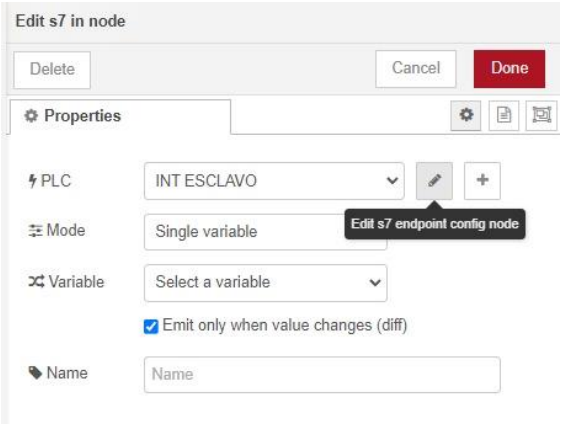
Nota. Se muestra la librería del s7.

12.9.5 Configuración del node de red

Al hacer clic en el elemento, se desplegará una nueva ventana o panel de configuración que permitirá al usuario personalizar los parámetros del sistema. En esta interfaz, se debe hacer clic en el ícono del lápiz para editar el "S7 IN", figura 165.

Figura 165.

Propiedades del S7



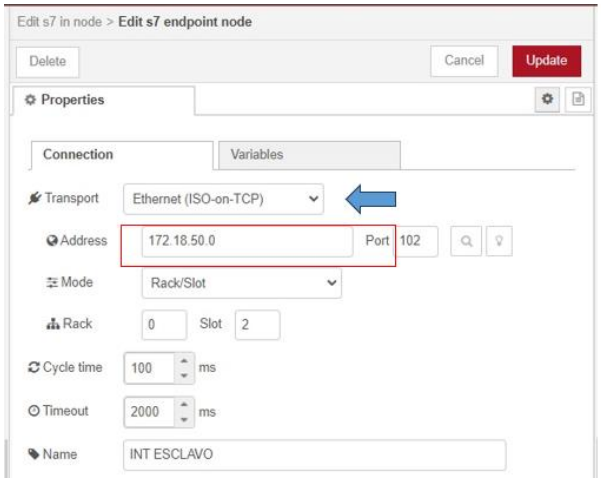
Nota. Se muestra el modo y las variables del s7.

Aparecerán campos de texto editables para modificar el nombre asignado, así como un menú desplegable o lista de opciones para seleccionar el modo de operación deseado.

Se reubicará en una sección de configuración de conexión a la red para permitir al usuario especificar manualmente la dirección IP del servidor Node-RED. Además, se incluirá un campo para ajustar el intervalo de tiempo entre cada solicitud de datos, lo que permitirá aumentar la frecuencia de recopilación de información, figura 166.

Figura 166.

Parámetros del S7



Nota. Se muestra la configuración y sus parámetros del S7.

En la sección de configuración de la instrucción de envío de datos del TIA Portal, se asignará la variable de salida "Valor_a_enviar" para determinar el contenido del mensaje a transmitir, utilizando los tipos de datos con “DB57,WORD4”.

En esta sección, se utilizó el bloque S7 IN para establecer una conexión entre la variable del PLC y el sistema Node-RED. El bloque S7 IN permite la comunicación entre el PLC (Programmable Logic Controller) y Node-RED.

Este bloque facilita la lectura de datos desde el PLC y su transferencia a Node-RED, lo que permite la integración y el monitoreo en un tiempo real de las variables del PLC en el entorno de Node-RED, figura 167.

Figura 167.

Diagrama del S7

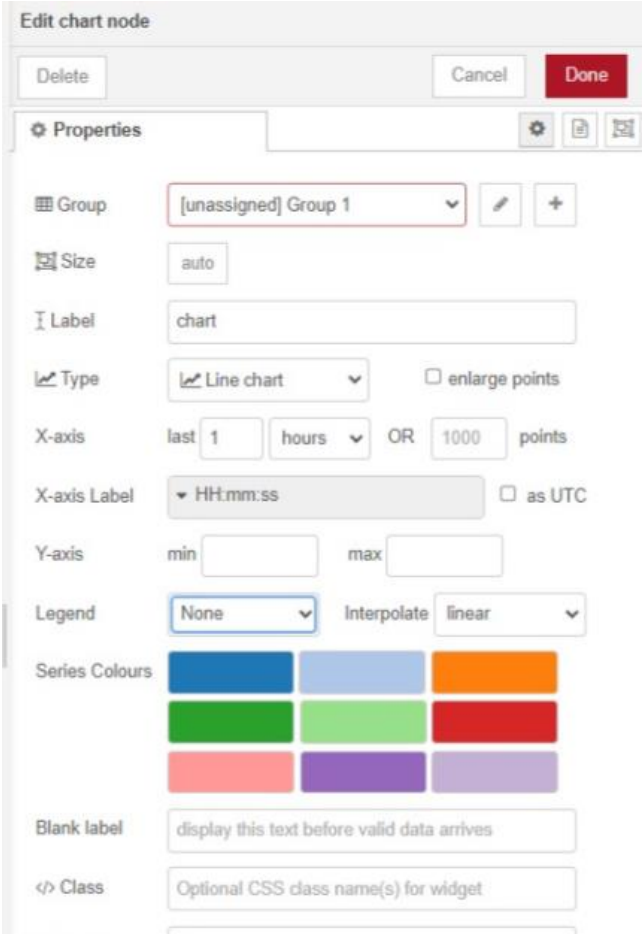
Nota. Se usa el S7 en donde la variable del PLC se va a conectar con el NODE-RED

12.9.6 Configuracion de Edit Chart Node

En esta sección, se utilizó la configuración de Edit Chart Node / Propiedades para ajustar las opciones del nodo de gráfico en Node-RED. En esta ventana, se accedió a un modo de edición que permitió seleccionar entre diferentes modelos de gráficos disponibles. Esta configuración facilitó la personalización de la visualización de datos en gráficos, eligiendo el tipo de gráfico que mejor se adaptara a las necesidades del usuario y a la información que se deseaba mostrar, figura 168.

Figura 168.

Edit Chart Node



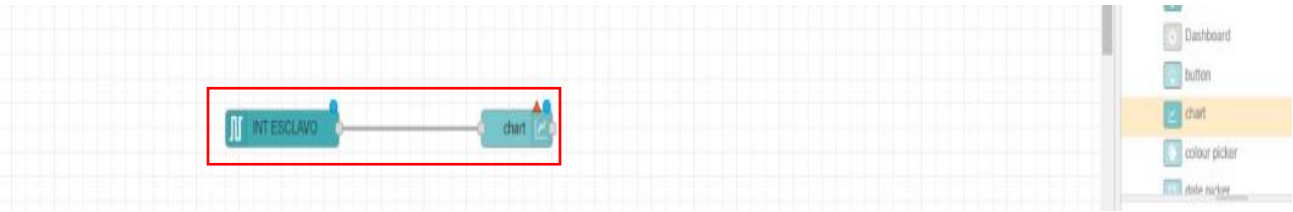
Nota. Se desprende un modo edicion donde se podra elegir los diversos modelos

12.9.7 Vinculación de los bloques

Una vez realizado la configuracion y los ajuste necesario de cada bloque para el correcto funcionamiento del programación se conecta y se procede a compilar, figura 169.

Figura 169.

Vinculación

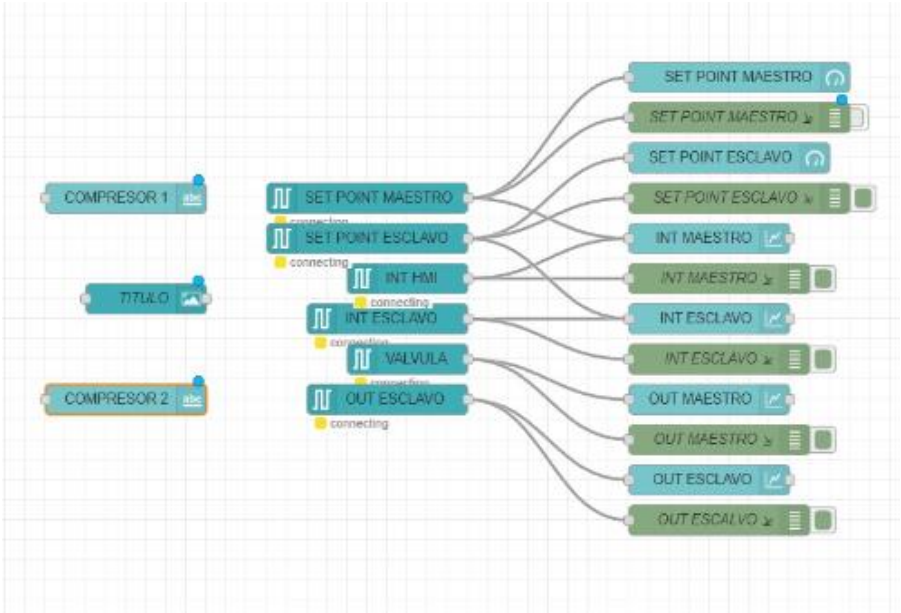


Nota. Vinculación entre Int Esclavo y Chart

Por consiguiente, se realiza los mismo pasos anteriormente mencionado para cada variable que se usar en este programacion para poder hacer el correcto funcionamiento y enviar los datos al Dashboard, como se observa en la figura 170 de como serian las demas variables conectadas.

Figura 170.

Conexion de las variables

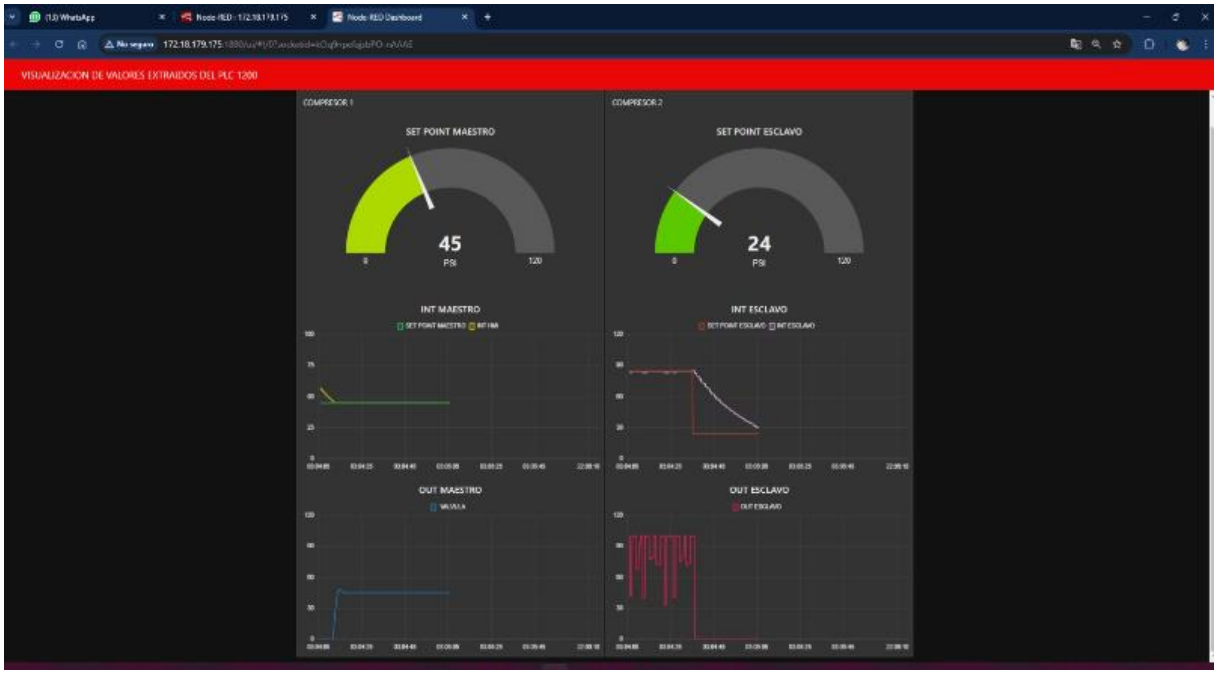


Nota. Se muestra las conexiones de los bloques para el node red.

En el dashboard, como se muestra en la figura 171, se visualizaron todas las variables seleccionadas del PLC 1200. En este dashboard, se destacaron dos parámetros clave, el setpoint del INT maestro, configurado en 45 psi, y el setpoint del INT esclavo, establecido en 24 psi y estos valores representan los puntos de ajuste para dos componentes diferentes del sistema, permitiendo monitorear y ajustar los niveles de presión en el PLC, como se ilustra en las figuras 172.

Figura 171.

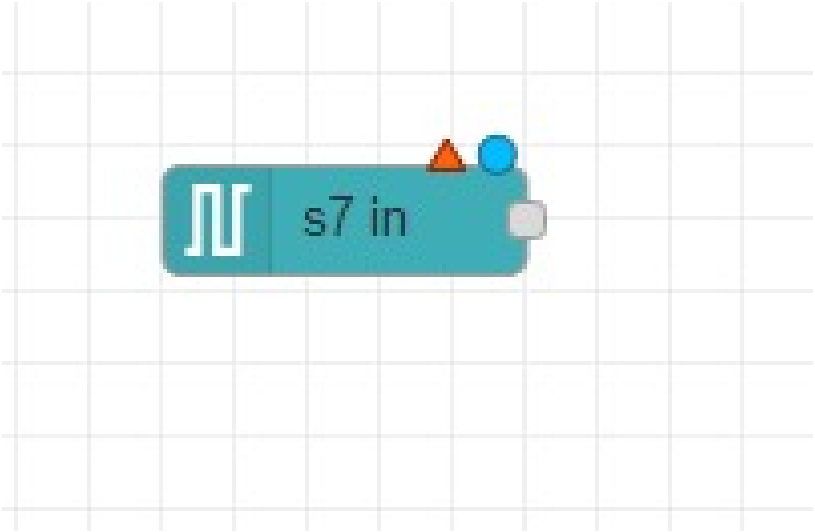
Dashboard



Nota. Variables seleccionadas en el PLC.

Figura 172.

Bloque s7 in

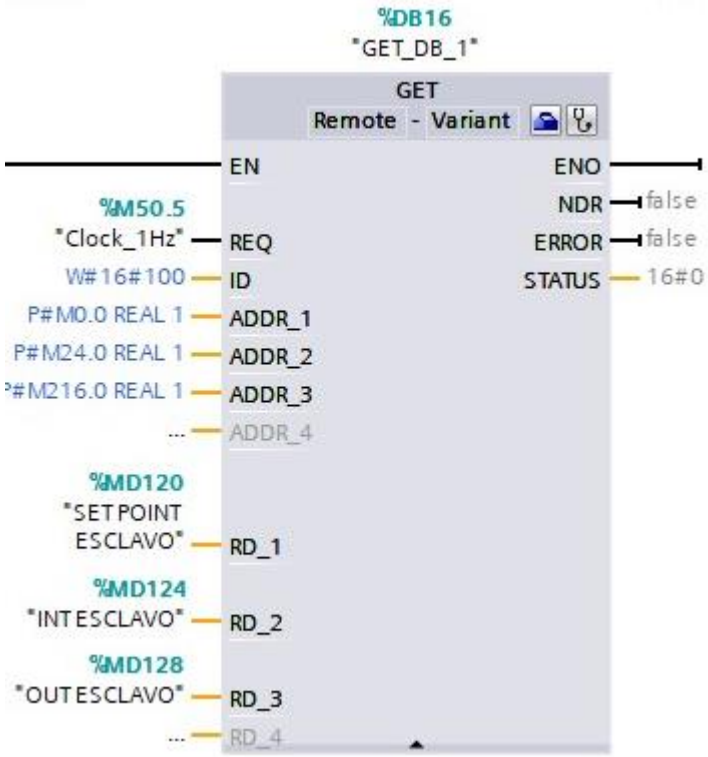


Nota. Se muestra la variable S7 in.

En la siguiente figura 173 se visualiza las dirreccione Reales que se recibe en el bloque GET.

Figura 173.

Bloque Get



Nota. Se observa variables y direcciones del bloque GET.

E. RECURSOS UTILIZADOS

- PLC S7 1200
- HMI
- PROGRAMA TIA PORTAL
- NODE RED

F. RESULTADOS

En la figura 174 y 175 se puede apreciar el funcionamiento de la práctica, el PLC en RUN cargada su respectiva configuración detallada con el node de red y el dashboard enviando

datos correctamente con sus direcciones asignadas, entrada del esclavo y maestro al igual que sus salidas y el setpoint.

Figura 174.

Resultados

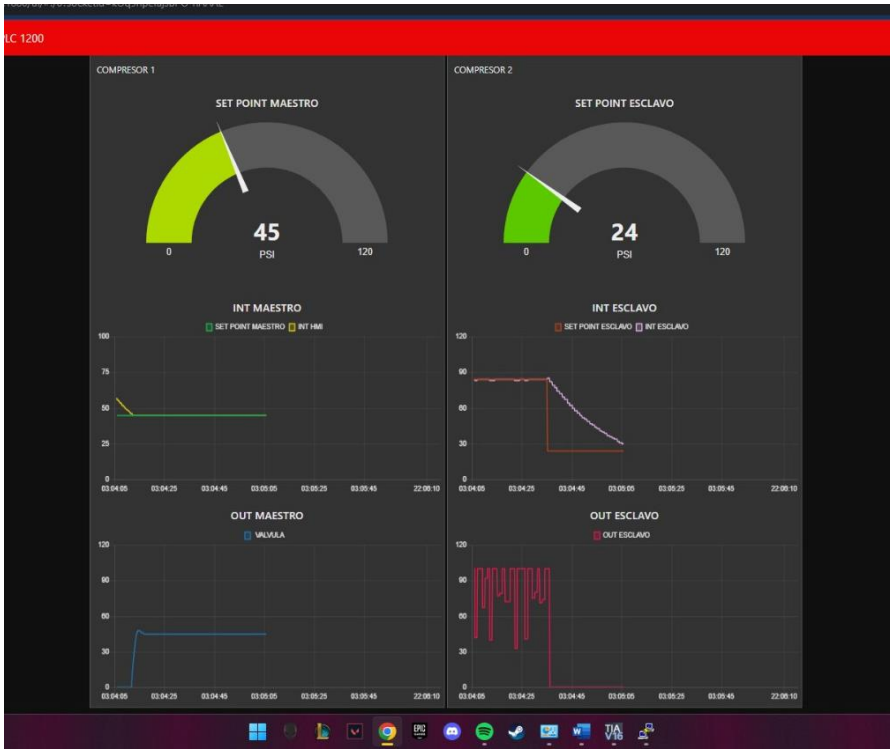


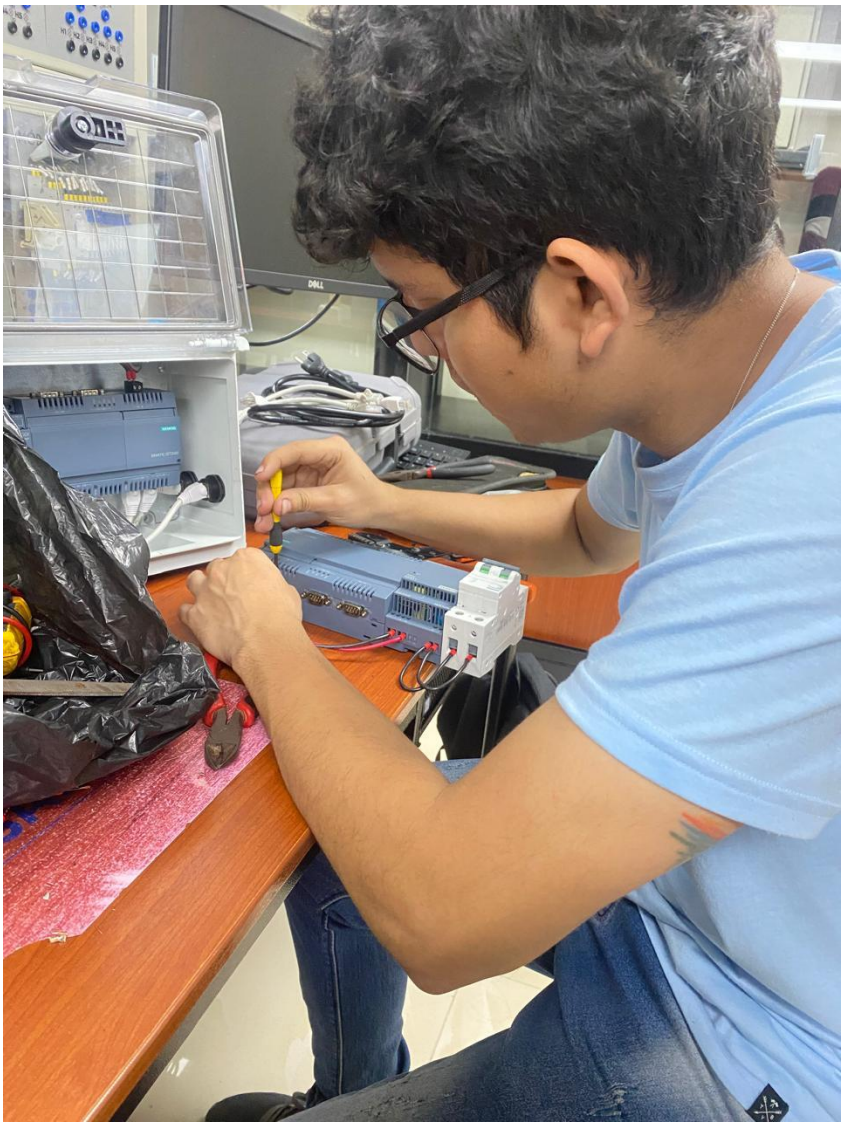
Figura 175.

Resultados

G. ANEXOS

Figura 176.

Anexo de instalación de LOGO



H. OBJETIVO GENERAL

- Controlar y coordinar un conjunto de dispositivos o procesos, garantizando la redundancia y la alta disponibilidad del sistema.

I. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar y configurar el hardware y software adecuados para desempeñar las funciones de maestro y esclavo en el sistema.
- Implementar un protocolo de comunicación confiable entre el maestro y los esclavos, garantizando la sincronización y el intercambio de datos en tiempo real.
- Desarrollar algoritmos de control y gestión de errores para garantizar la alta disponibilidad del sistema.

J. MARCO TEÓRICO

Profinet

Process FIeld NETwork más conocido como PROFINET es uno de los protocolos de comunicación que está vigente en las industrias, no obstante, su funcionalidad es conectar sensores, motores y otros dispositivos electrónicos, Este sistema está basado en Ethernet por su grande rendimiento debido que proporciona una alta velocidad de comunicación y además tiene compatibilidad con otros protocolos como el TCP-UDP/IP, SNMP entre otros (Comunicación, 2023).

PLC S7-1200

Es un dispositivo industrial que emplea la ingeniería para automatizar procesos, con el propósito de lograr que las máquinas operen todos sus componentes. Debido a estas ventajas, los Controladores Lógicos Programables (PLC) se han vuelto esenciales para el avance tecnológico de las industrias y la sociedad en su conjunto (INDUSTRIASGLS, 2021).

HMI

Es un panel de control que logra conectar a la persona con la maquina es comúnmente, así como se observa en la Figura 3, es usado en las industrias para que optimizar procesos digitalizando y centrando datos, gracias a esto los operadores pueden ver mensajes importantes en gráficos, ver y gestionar alertas (euroinnova, 2024).

Comunicación Maestro-Esclavo

En el principio de maestro/esclavo es una noción crucial en informática para gestionar y asignar recursos, especialmente cuando múltiples dispositivos, procesos o aplicaciones dependen de los mismos recursos. Esto se vuelve especialmente relevante en situaciones como la transmisión de datos a través de un bus de datos. Bajo este principio, se regulan las solicitudes de manera que la comunicación ocurra sin interferencias ni alteraciones de las señales por parte de otros elementos, garantizando así la correcta ejecución de todos los procesos involucrados. (bidigital, 2019).

Compresores de aire

Es una herramienta mecánica empleada para elevar la presión del aire en un espacio confinado. Su funcionamiento implica succionar aire del entorno y compactarlo, lo que disminuye su volumen y, por ende, incrementa su presión. Este dispositivo es ampliamente utilizado en diversas industrias, ya que suministra aire comprimido a componentes de maquinaria, como se observa en la Figura 5 (Encarnación García, 2023).

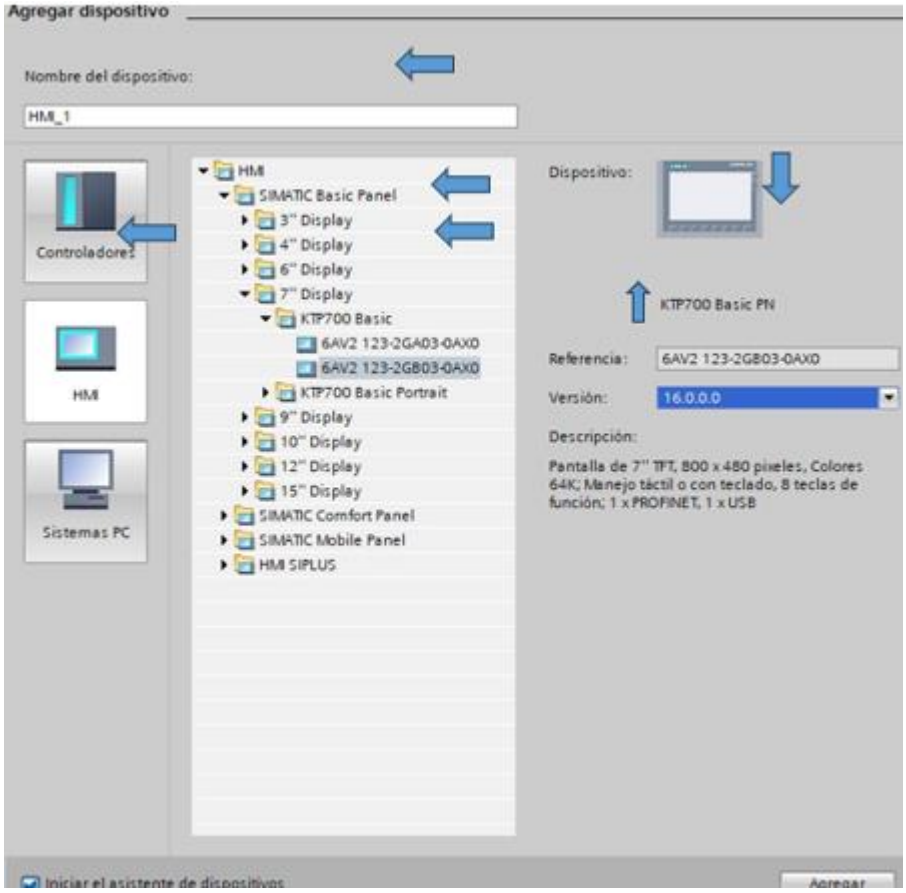
K. MARCO FUNDAMENTAL

12.9 8 Añadir el HMI

Para crear la interfaz del HMI, primero se accedió a la pestaña "Agregar nuevo dispositivo", luego se seleccionó "HMI" y se eligió "Simatic Basic Panel". A continuación, se seleccionaron las pulgadas del panel, en este caso, un Display de 7”, y el modelo "6AV2 123-2GB03-0AX0" con la versión 16, figura 177.

Figura 177.

Configuración del HMI



Nota. Creación de la interfaz HMI.

Primero, asegurar de tener abierto el proyecto en el que se está trabajando y navegar hasta la pantalla HMI en la que se quiere agregar los elemento, en la barra de herramientas de

la derecha, selecciona la opción “Imagen” y luego “Fondo”, busca y selecciona la imagen que se usará como fondo y ajustarla para que cubra toda la pantalla, para insertar la imagen del logo se tiene que volver a la barra de herramientas y selecciona “Imagen” y esta vez, elegir la imagen que se agregará encima del fondo.

Para finalizar se añade el titulo el cual, para agregar el título, selecciona la opción “Texto” en la barra de herramientas y escribe el título que se deseas y cambiar el tamaño, fuente y color del texto para que resalte bien sobre el fondo que se eligió, figura 178.

Figura 178.

Ventana principal del HMI

Nota. ventana principal del HMI.

12.10 Configuración de los iconos HMI

12.10.1 Configuración Botón "Run"

En la sección de herramientas, se seleccionó la opción "Botón" y se insertó en la pantalla HMI, luego, se accedió a las propiedades del botón y, bajo la opción "Eventos", se configuró la acción "Presionado", se seleccionó la opción "Asignar variable" y se eligió la variable correspondiente al comando "Run" del sistema, el cual garantizó que al presionar el botón, se enviara la señal adecuada para iniciar el sistema, figura 179.

Figura 179.

Ventana General del HMI en le Ventada de Plantilla del Proceso

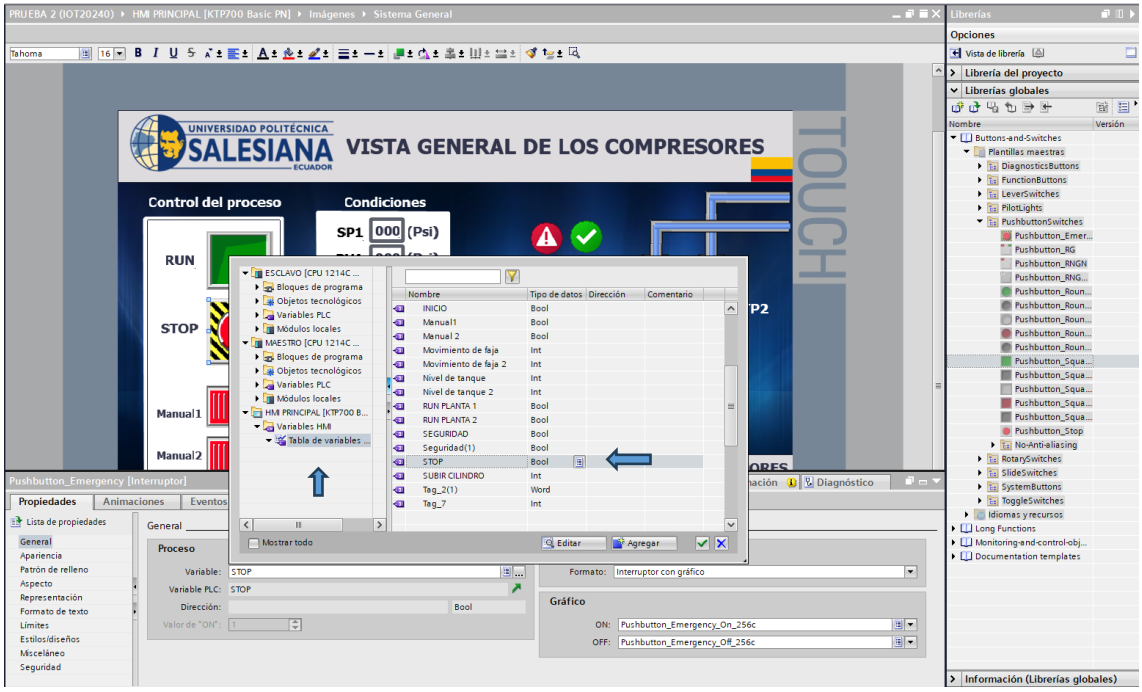
Nota. Visualización de la ventana general del HMI del Proceso

12.10.2 Configuración Botón "Stop"

Similar al botón "Run", se insertó un segundo botón en la pantalla HMI, etiquetado como "Stop", en las propiedades de este botón, bajo "Eventos", también se configuró la acción "Presionado", en este caso, se asignó la variable correspondiente al comando "Stop" del sistema y permitió que al presionar el botón "Stop", el sistema se detuviera correctamente, figura 180 y 181.

Figura 180.

Configuración del boton stop



Nota. Se observa la configuración de los botones con sus diferentes variables.

Figura 181.

Configuración de los iconos en HMI

Nota. Se observa la configuración del icono de marcha y paro.

Para organizar y configurar los demas iconos se siguieron los mismo pasos para cada ícono, como válvulas, luces piloto, tuberías y blowers, se seleccionó el ícono correspondiente en la pantalla HMI, se accedió a las propiedades del ícono y se asignó la variable correspondiente a su función específica, el cual garantizó que cada ícono respondiera correctamente a las señales del sistema, permitiendo que las válvulas se abrieran o cerraran, que las luces piloto se encendieran y apagaran, y que las tuberías y blowers funcionaran de acuerdo a las condiciones establecidas.

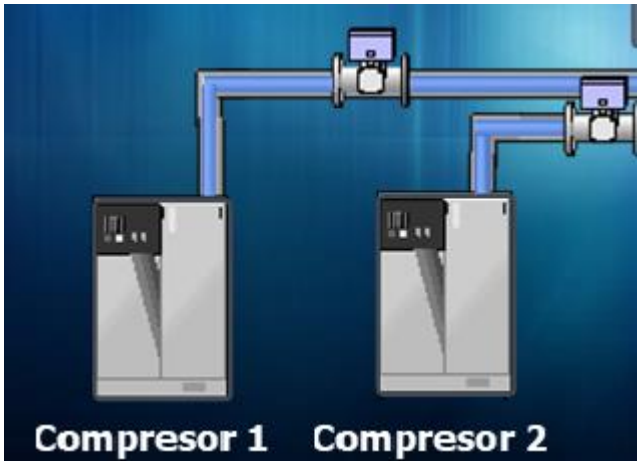
12.10.3 Vista general de los compresores

Después de completar todos estos pasos en TIA Portal, el HMI quedó configurado con una interfaz visualmente clara y funcional, se podran visualizar y controlar los diferentes aspectos del proceso, incluyendo el “Control del proceso” el cual se compone de botones y controles que permitían iniciar o detener el proceso completo, así como ajustar diferentes parámetros de manera manual, en donde ofrece un control total sobre el sistema desde la interfaz HMI,

las “Condiciones del sistema”, se podran monitorear las condiciones actuales del sistema, figura 182.

Figura 182.

Ventana General del HMI



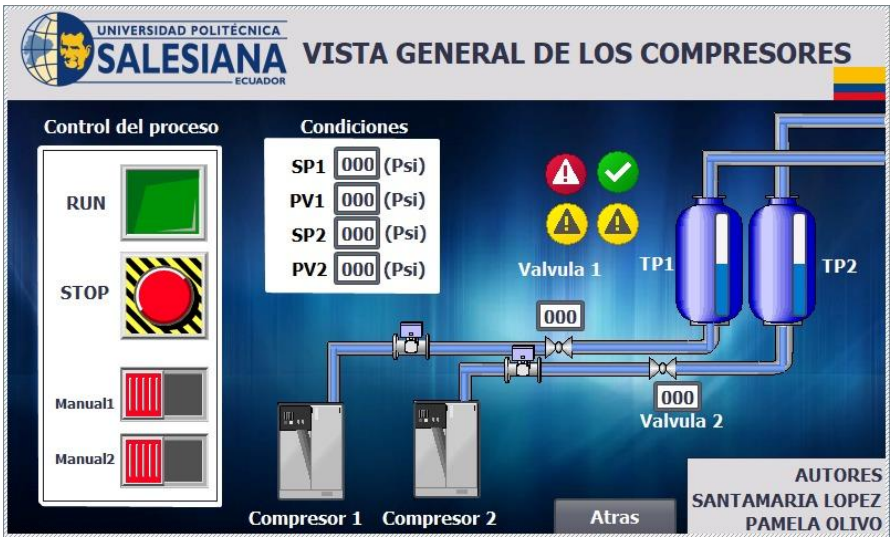
Nota. Se muestra la ventana de los compresores.

Configuración Compresor 1 y 2

“Compresor 1 y Compresor 2”, los compresores se representaban con íconos específicos, acompañados de sus respectivos indicadores y botones de control, se podran visualizar los estados de cada compresor, como si estaban operativos o inactivos, y las “Válvulas” del sistema se mostraban, en la pantalla, con indicadores de su estado (abiertas o cerradas) y controles para operarlas el cual cada válvula está claramente identificada y organizada, figura 183.

Figura 183.

Ventana General del HMI



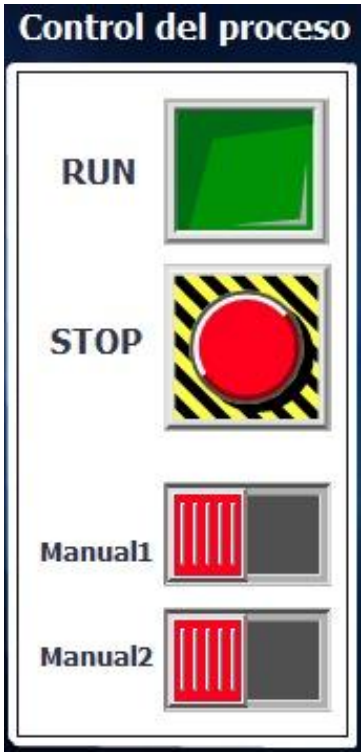
Nota. Se muestra la ventana principal de los compresores.

12.10.4 Control de proceso del HMI

Se configuró una acción que activó la imagen y redirigió al usuario a la pantalla correspondiente, los mismos pasos se replicaron para las demás ventanas, para el sistema general, se visualizó el funcionamiento de los compresores con botones específicos y se mostraron las presiones correspondientes, proporcionando al usuario una visión completa y detallada del sistema, tal como se ilustra en la figura 184.

Figura 184.

Control de proceso



Nota. Se muestra los iconos para el arranque del sistema.

12.10.5 Etapa de selección HMI

Para configurar una etapa de selección en el HMI utilizando TIA Portal, se realizó la creación de cuatro ventanas diferentes, cada una representando un proceso específico, cada una diseñada para un proceso distinto del sistema, a cada ventana se le asignó un nombre claro y representativo de su función, como "Sistema General", "Tanques Pulmón", “Planta”, “ Parámetros”, lo que permitió una identificación rápida y precisa de cada una, para la configuración de la navegación entre ventanas, se insertaron botones y imágenes en la pantalla principal del HMI que funcionaran como enlaces a estas ventanas, el cual para cada botón y imagen, se configuró una acción de redirección, de manera que al ser seleccionada, el usuario fuera llevado directamente a la ventana correspondiente, figura 185.

Figura 185.

Etapa de selección

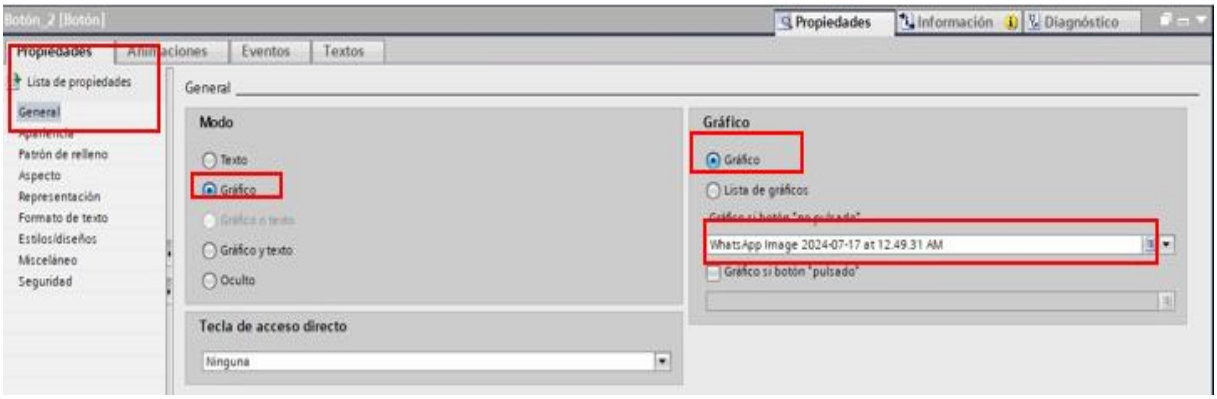
Nota. se muestra las ventanas del HMI.

12.10.6 Configuración de las Plantillas del sistema general

Para configurar el botón "SISTEMA GENERAL" en el HMI, se eligió un botón desde la barra de herramientas y se insertó en la pantalla HMI en la posición deseada, este botón fue destinado a servir como acceso directo a la pantalla del "Sistema General", una de las principales interfaces del proyecto, donde se accedió a las propiedades del botón y, en la sección de "Gráficos", se seleccionó un gráfico que representara de manera clara y atractiva la función del "Sistema General" y se eligió un gráfico que fuera visualmente intuitivo para los operadores, asegurando que el botón fuera fácil de identificar y un ícono que reforzara la función del botón, la combinación de gráfico e imagen ayudó a que el botón "SISTEMA GENERAL" no solo fuera funcional, sino también estéticamente agradable y fácil de usar, figura 186.

Figura 186.

Configuración del sistema general



Nota. Se muestras las propiedades generales.

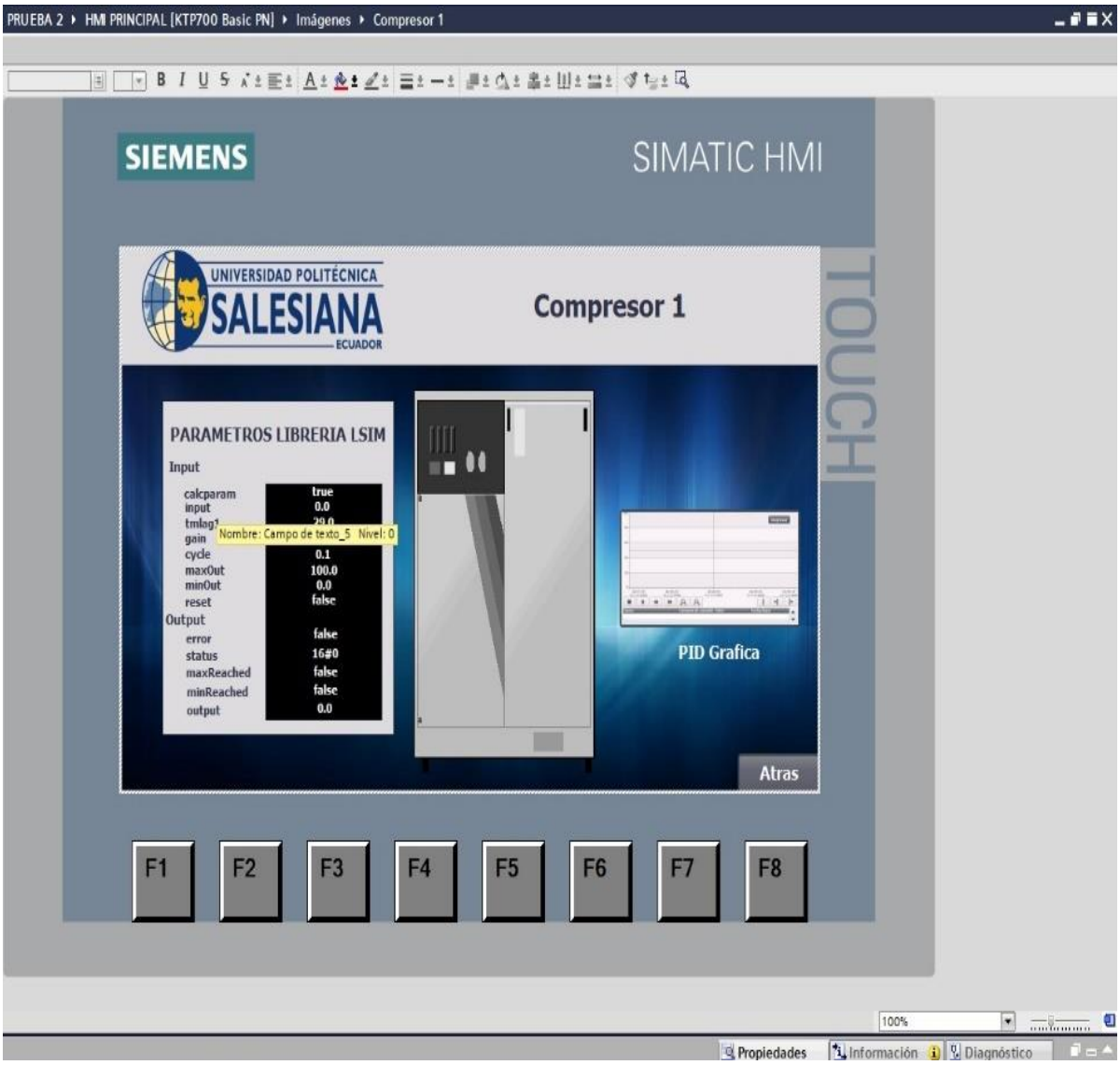
12.10.7 Configuración de los compresores en HMI

Para implementar la funcionalidad que permitiera al usuario acceder a una pantalla detallada al pulsar sobre los compresores en el HMI, en la pantalla principal, se seleccionaron los íconos de los compresores, que ya estaban representados visualmente, para cada compresor, se accedió a las propiedades del ícono y se configuró una acción bajo la sección "Eventos" se eligió la opción "Al hacer clic" y se configuró para redirigir al usuario a una pantalla específica que mostrara detalles sobre ese compresor en particular.

Se crearon pantallas adicionales dedicadas a cada compresor, estas pantallas detalladas incluían todos los parámetros específicos relevantes, como presiones, temperaturas, estado operativo, y otros indicadores clave, cada pantalla fue diseñada para mostrar la información de manera clara y organizada, figura 187.

Figura 187.

Configuración de los compresores



Nota. Se observa los parámetros de los compresores.

12.10.8 Etapa Tanque Pulmón

En la etapa de selección del HMI, se configuró una ventana dedicada al "Tanque Pulmón", lo cual se realizo los mismo pasos que se hicieron anteriormente, se añadió una

nueva ventana al proyecto, específicamente diseñada para monitorear el "Tanque Pulmón", figura 188.

Figura 188.

Configuración del tanque

Nota. Se observa la estructura del tanque pulmón.

12.10.9 Parametros y alarmas del HMI

En la configuración de los parámetros generales para el control PID en el HMI, se definieron y configuraron los parámetros específicos necesarios para el funcionamiento óptimo del control PID. Esto incluyó establecer los valores adecuados para los términos Proporcional (P), Integral (I) y Derivativo (D), así como cualquier ajuste adicional necesario

para el sistema, estos parámetros fueron introducidos en el HMI mediante campos de entrada o controles deslizantes, figura 189.

Figura 189.

Parámetros generales

Nota. Se observa los parámetros de los dos compresores.

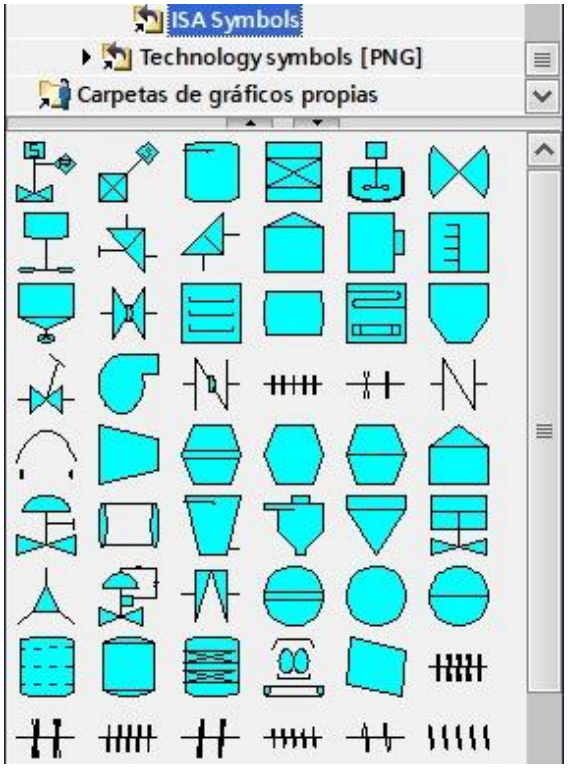
12.10.10 Diagrama P&ID

Se accedió a la carpeta ISO símbolo para encontrar los componentes necesarios para el diagrama P&ID, como se observa en la figura 59, estos símbolos se utilizaron para documentar procesos en instalaciones industriales y representan la relación funcional entre tuberías, instrumentación y equipos del sistema, luego, se seleccionaron las formas

correspondientes para incluirlas en la leyenda del diagrama y finalmente, se aseguró que la documentación fuera precisa y reflejara correctamente la estructura y operación del sistema, figura 190.

Figura 190.

Carpeta ISA Symbols



Nota. Se muestra la carpeta descargada para realizar el circuito de los compresores.

RECURSOS UTILIZADOS

- PLC S7 1200
- HMI
- PROGRAMA TIA PORTAL

L. RESULTADOS

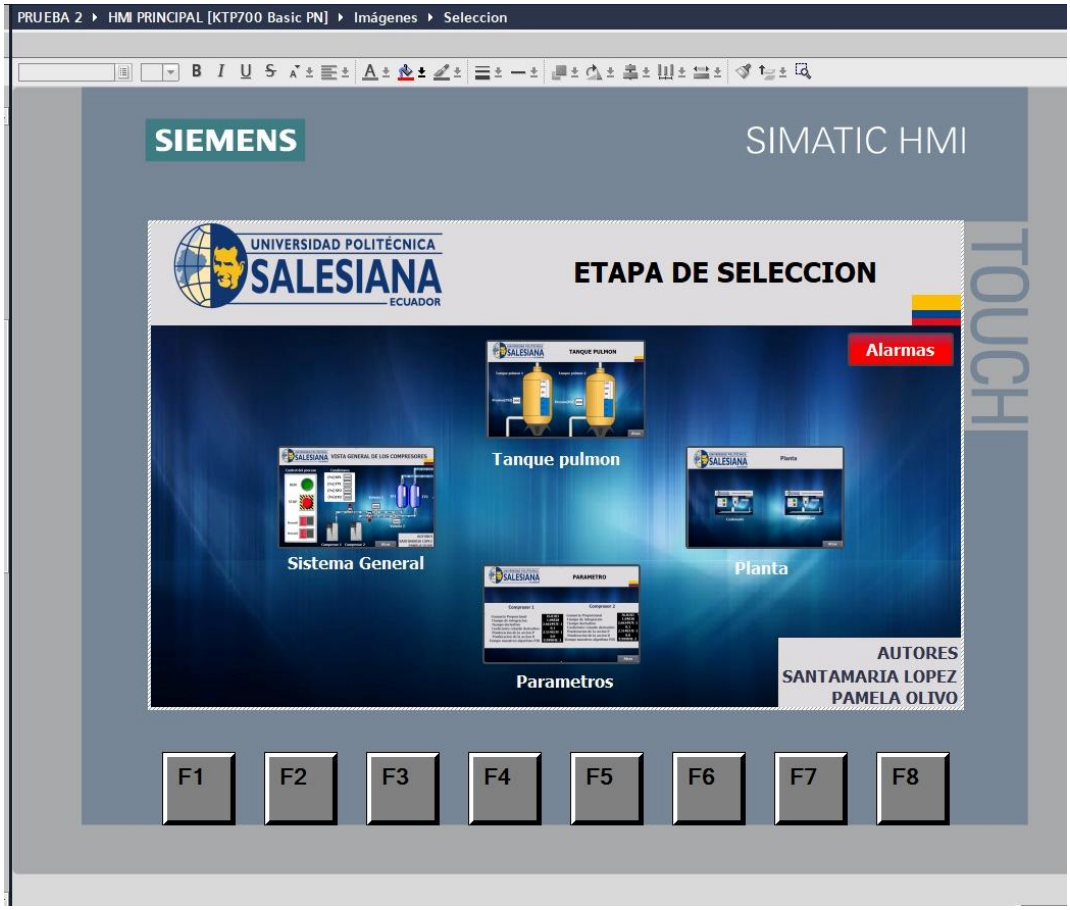
En la figura 191 y 192 se puede apreciar el funcionamiento de la práctica, el PLC en RUN cargada su respectiva configuración, la interfaz adecuada para cada variable para su respectivo funcionamiento.

Figura 191.

Resultados

Figura 192.

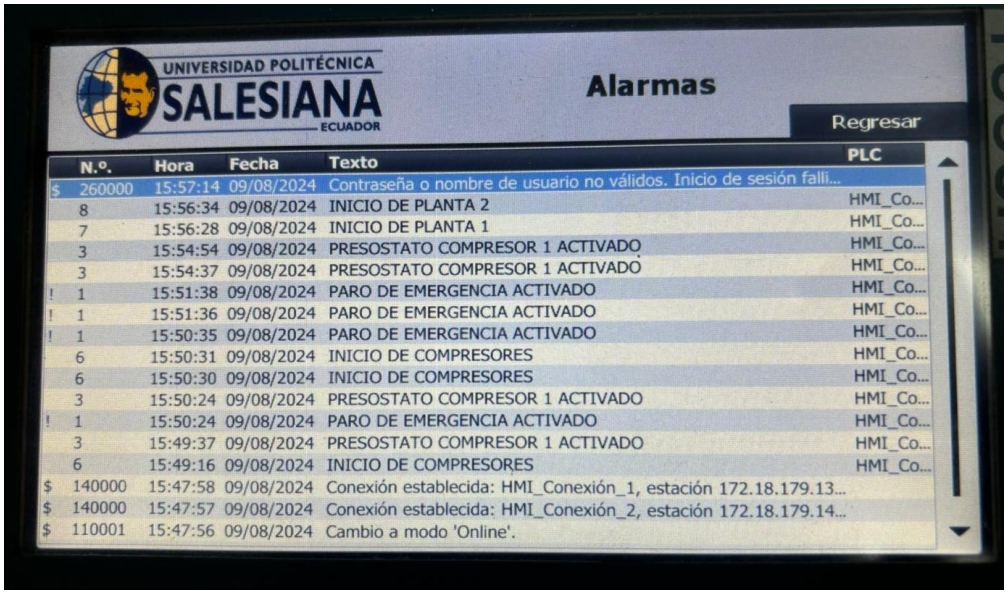
Resultados



M. ANEXOS

Figura 193.

Resultados de Alarmas



	N.º.	Hora	Fecha	Texto	PLC
$	260000	15:57:14	09/08/2024	Contraseña o nombre de usuario no válidos. Inicio de sesión falli...	
	8	15:56:34	09/08/2024	INICIO DE PLANTA 2	HMI_Co...
	7	15:56:28	09/08/2024	INICIO DE PLANTA 1	HMI_Co...
	3	15:54:54	09/08/2024	PRESOSTATO COMPRESOR 1 ACTIVADO	HMI_Co...
	3	15:54:37	09/08/2024	PRESOSTATO COMPRESOR 1 ACTIVADO	HMI_Co...
!	1	15:51:38	09/08/2024	PARO DE EMERGENCIA ACTIVADO	HMI_Co...
!	1	15:51:36	09/08/2024	PARO DE EMERGENCIA ACTIVADO	HMI_Co...
!	1	15:50:35	09/08/2024	PARO DE EMERGENCIA ACTIVADO	HMI_Co...
	6	15:50:31	09/08/2024	INICIO DE COMPRESORES	HMI_Co...
	6	15:50:30	09/08/2024	INICIO DE COMPRESORES	HMI_Co...
	3	15:50:24	09/08/2024	PRESOSTATO COMPRESOR 1 ACTIVADO	HMI_Co...
!	1	15:50:24	09/08/2024	PARO DE EMERGENCIA ACTIVADO	HMI_Co...
	3	15:49:37	09/08/2024	PRESOSTATO COMPRESOR 1 ACTIVADO	HMI_Co...
	6	15:49:16	09/08/2024	INICIO DE COMPRESORES	HMI_Co...
$	140000	15:47:58	09/08/2024	Conexión establecida: HMI_Conexión_1, estación 172.18.179.13...	
$	140000	15:47:57	09/08/2024	Conexión establecida: HMI_Conexión_2, estación 172.18.179.14...	
$	110001	15:47:56	09/08/2024	Cambio a modo 'Online'.	

Figura 194.

Ventana HMI del Setpoint

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

SALESIANOS DON BOSCO

Guayaquil, 25 de agosto del 2024

Ing. Orlando Barcia, Msc.

Director de Carrera de Electrónica y Automatización.

De mis consideraciones:

Yo, Geovanny García Flor, portador de la cédula de ciudadanía No. 0922357702 tutor de trabajo de titulación **"DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL CONTROL DE PRESIÓN CONTINUA PARA UN SISTEMA DE COMPRESORES NEUMÁTICOS EN PARALELO MEDIANTE CONFIGURACIÓN DE PLC'S MAESTRO-ESCLAVO E IOT2040"**, informo la calificación al Trabajo de Tituación de los estudiantes de la Malla Ajuste: PAMELA MARIBEL OLIVO MUÑOZ y ALFREDO SANTIAGO SANTAMARÍA LÓPEZ.

Criterio	Descripción del criterio	Puntaje	Observaciones
Planteamiento e identificación del problema	Se muestra la importancia del problema y la contribución que se quiere alcanzar con el Proyecto técnico.	15	
Revisión del marco teórico y fuentes de información	Este criterio estable la relación entre la revisión literaria y el problema a abordar en el Proyecto técnico, así como el adecuado nivel de exhaustividad en la revisión de las fuentes de información.	15	
Contenido Metodológico	Se establecen con claridad y de manera estructurada las distintas fases, uso de métodos, herramientas, diseños, recursos, materiales, etc, para el desarrollo del Proyecto técnico y la propuesta de solución.	20	
Funcionalidad	Permite evaluar el nivel de funcionalidad del trabajo desarrollado, tomando en cuenta los objetivos del mismo.	30	
Presentación de Resultados	Se expresan o presentan los resultados alcanzados en el desarrollo del proyecto técnico y cómo se relacionan con el cumplimiento de los objetivos, el impacto y la innovación.	12	
Conclusiones Recomendaciones	Este criterio establece la claridad con que el autor expone su posición y sus ideas respecto a las conclusiones y recomendaciones expresadas.	3	
	PUNTAJE FINAL:	**95**	

Por la atención que se sirva dar a la presente, quedo de usted muy agradecido.

Atentamente,

Ing. Geovanny García Flor.

Docente Tutor.